



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Aplicación al Campus Nord de técnicas de reducción de escorrentía (SUDs)

Trabajo realizado por:

Marc Crespo Bort

Dirigido por:

MANUEL GOMEZ VALENTIN

EDUARDO MARTÍNEZ GOMARIZ

Grado en:

Ingeniería Civil

Barcelona, 28 de enero de 2020

Departamento de Ingeniería Civil i Ambiental

TRABAJO FINAL DE GRADO

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto marca el final de mi licenciatura en Ingeniería Civil. Los últimos años la Universidad Politècnica de Catalunya me han permitido crecer académica y profesionalmente. Por lo tanto, me gustaría agradecer a diferentes personas que sin su ayuda, esta tesis no hubiera sido posible.

En primer lugar, a mis supervisores, el Prof. Manuel Gomez y al Prof. Eduardo Martínez por su orientación, consejo y paciencia desde el primer día. Sobre todo agradecer al Prof. Manuel Gomez por el trato humano recibido y su comprensión en momentos difíciles.

A mi amigos, los que han estado conmigo desde la infancia y los que he conocido durante estos increíbles años en la universidad. Por todos los buenos recuerdos durante estos años, me llevo un grupo humano y profesional increíble.

Por último, me gustaría agradecer especialmente a mis padres José y Natividad , por apoyarme y alentarme en todo lo que me he propuesto lograr. Me han dado la oportunidad de convertirme en lo que soy hoy, y ninguno de mis éxitos hubiera sido posible sin ellos.

RESUMEN:

El crecimiento de las ciudades conlleva un continuo aumento de las superficies impermeables, lo cual está generando una alteración del ciclo natural del agua, aumentando los problemas relacionados con el drenaje y la gestión del agua pluvial. A esto hay que añadirle que, con el aumento de la urbanización, también aumenta la contaminación cosa que afecta directamente al agua pluvial.

Los sistemas de drenaje convencionales, que consisten en transportar la escorrentía hacia cotas inferiores lo más rápidamente posible mediante conducciones impermeables, están quedando cada vez más obsoletos. Por estos motivos surge una nueva forma de tratar el agua pluvial, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Estos son una gran variedad de sistemas que se dedican a la gestión sostenible del agua pluvial urbana, con énfasis en el proceso de selección e implantación de las llamadas infraestructuras verdes, incluyendo los cálculos hidrológicos propios del diseño de una red de drenaje. Además en el proceso de diseño se tienen otros factores relacionados con el urbanismo, el paisajismo o la ecología ya que deben integrarse de una forma idónea en el medio.

En este proyecto se analiza la situación actual en cuanto a volúmenes de escorrentía y caudales punta en el Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya (ejemplo de urbanización muy impermeable con una pendiente pronunciada). Se hace un estudio de las posibles técnicas de drenaje sostenibles (SUDS) a implementar en la zona y los posibles efectos en él. La variedad de técnicas es muy amplia es por eso que se hace un análisis de las técnicas más comunes y más utilizadas. Se hace un análisis para la reducción de escorrentía generada en los techos de los edificios del Campus Nord, obteniendo como mejor respuesta una desviación de los bajantes del sistema de drenaje hacia los parterres adjuntos a los edificios, con la finalidad que estos sean capaces de almacenar todo el volumen de escorrentía captada.

De esta forma se podrá hacer una comparativa de los datos de volúmenes y caudales punta generados en la situación actual del campus con los datos de una hipotética situación futura implementando las técnicas que se han creído oportunas para lograr las reducciones de volúmenes y caudales punta de escorrentía. Dichos datos se manejan con el programa HEC-HMS, programa que se ha utilizado a lo largo de este proyecto.

Finalmente, se sacan conclusiones de cómo podrían afectar los SUDS en un caso particular ya que la principal desventaja de estas técnicas es la inexperiencia que tienen en el sector de la construcción en su adecuada ejecución y la desconfianza que generan al ser unas técnicas relativamente nuevas.

ABSTRACT

The growth of cities entails a continuous increase in impervious surfaces, which is generating an alteration of the natural water cycle, increasing the problems related to drainage and stormwater management. To this we must add that, with the increase in urbanization, pollution also increases, which directly affects rainwater.

Conventional drainage systems, which consist of transporting runoff to lower levels as quickly as possible through waterproof pipes, are becoming increasingly obsolete. For these reasons, a new way of treating rainwater, the Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), emerges. These are a great variety of systems that are dedicated to the sustainable management of urban rainwater, with emphasis on the process of selection and implementation of the so-called green infrastructure, including the hydrological calculations of the design of a drainage network. Also in the design process there are other factors related to urban planning, landscaping or ecology since they must be integrated in an ideal way in the middle.

This project analyzes the current situation in terms of runoff volumes and peak flows in the Nord Campus of the Technical University of Catalonia (example of very waterproof urbanization with a steep slope). A study is made of the possible sustainable drainage techniques (SUDS) to be implemented in the area and the possible effects on it. The variety of techniques is very wide, which is why an analysis of the most common and most used techniques is made. An analysis is made for the reduction of runoff generated in the roofs of the buildings of the Campus Nord, obtaining as a best response a deviation of the drains of the drainage system to the beds attached to the buildings, with the purpose that they are able to store the entire volume of runoff captured.

In this way, it will be possible to make a comparison of the data of volumes and peak flows generated in the current situation of the campus with the data of a hypothetical future situation implementing the techniques that have been considered appropriate to achieve the reductions of volumes and flow rates of runoff. These data are handled with the HEC-HMS program, a program that has been used during this project.

Finally, conclusions are drawn about how SUDS could affect in a particular case since the main disadvantage of these techniques is the inexperience they have in the construction sector in their proper execution and the distrust they generate as they are relatively new techniques.

LISTA DE CONTENIDOS

VOLUMEN I

1. INTRODUCCION	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Cambio de mentalidad.....	2
1.4 Agua en la ciudad.....	3
1.5 Cantidad de agua.....	4
1.6 Calidad de agua.....	5
1.7 Servicio.....	6
1.8 Ventajas.....	7
1.9 Inconvenientes.....	8
2. ÁREA DE ESTUDIO.....	9
2.1 Área de estudio	9
2.2 Climatología.....	10
2.3 Datos pluviométricos para el estudio.....	11
2.4 Hietogramas.....	13
3. ELABORACIÓN DEL MODELO DE DRENAJE DEL CAMPUS.....	15
3.1 Análisis espacial.....	15
3.2 Programa HEC-HMS.....	17
3.3 Datos a importar al programa.....	22
3.4 Hidrogramas obtenidos.....	20
4. SUDS POTENCIALMENTE APLICABLES AL CAMPUS.....	31
4.1 Green roofs (cubiertas vegetales o techos verdes).....	32
4.2 Sistema de captación de agua pluvial	34
4.3 Franjas filtrantes	36
4.4 Drenes filtrante(filter drains).....	36
4.5 Cunetas verdes(swales).....	37
4.6 Sistemas de biorretención (bioretention systems).....	37
4.7 Tanques de almacenamiento.....	41
4.8 Depósitos de retención (detention basins).....	41
4.9 Humedales superficiales.....	41
4.10 Pavimentos permeables.....	42
5. PROPUESTA DE SUDS A IMPLEMENTAR EN EL CAMPUS.....	46
5.1 Propuesta de jardines de lluvia.....	47
5.2 Propuesta de pavimentos permeables.....	58
6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	60

LISTA DE CONTENIDOS

VOLUMEN II

1. ANEXO PLANOS

1.1 Plano tejados 1.....	1
1.2 Plano tejados 2.....	2
1.3 Plano suelos 1.....	3
1.4 Plano suelos 2.....	4

2. ANEXO SUBCUENCAS

2.1 Tejados 1.....	6
2.2 Tejados 2.....	10
2.3 Suelos 2.....	14
2.4 Suelos 1.....	18

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1.1 DIFERENCIA DE HIDROGRAMAS EN DIFERENTES SUPERFICIES[3].	4
ILUSTRACIÓN 2. 1PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL DE BARCELONA 1787-2019 [8].	11
ILUSTRACIÓN 3.1 VISTA AÉREA DEL CAMPUS.	16
ILUSTRACIÓN 3.2 ILUSTRACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.	16
ILUSTRACIÓN 3.3 ESQUEMA TEJAJOS 1 HEC-HM.	18
ILUSTRACIÓN 3.4 ESQUEMA TEJAJOS 2 HEC-HM S.	19
ILUSTRACIÓN 3.5 ESQUEMA SUELOS 1 HEC-HMS.	20
ILUSTRACIÓN 3.6 ESQUEMA SUELOS 2 HEC-HMS.	21
ILUSTRACIÓN 3.7 MODELO METEOROLÓGICO EN HEC-HMS.	25
ILUSTRACIÓN 3.8 CONTROL SPECIFICATIONS HEC-HMS.	25
ILUSTRACIÓN 3.9 HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS, CUENCA TEJADOS 1.	26
ILUSTRACIÓN 3.10 DATOS ESTADO ACTUAL SALIENTE DE TEJADOS 1.	26
ILUSTRACIÓN 3.11HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS, CUENCA TEJADOS 2.	27
ILUSTRACIÓN 3.12DATOS ESTADO ACTUAL SALIENTE DE TEJADOS 2.	27
ILUSTRACIÓN 3.13HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS, CUENCA SUELOS 1.	28
ILUSTRACIÓN 3.14 DATOS ACTUAL SALIENTE SUELOS1.	28
ILUSTRACIÓN 3.15 HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS, CUENCA SUELOS 2.	29
ILUSTRACIÓN 3.16 DATOS ACTUAL SALIENTE SUELOS2.	29
ILUSTRACIÓN 4.1 TECHO INTENSIVO.	32
ILUSTRACIÓN 4.2 TECHO EXTENSIVO.	32
ILUSTRACIÓN 4.3 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL POR GRAVEDAD.	34
ILUSTRACIÓN 4.4 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL POR SISTEMA DE BOMBEO.	35
ILUSTRACIÓN 4.5 SECCIÓN DE UNA FRANJA FILTRANTE .	36
ILUSTRACIÓN 4.6 SECCIÓN DE UN DREN FILTRANTE.	37
ILUSTRACIÓN 4.7 SECCIÓN DE UN JARDÍN DE LLUVIA.	38

ILUSTRACIÓN 4.8 SECCIÓN DE UN JARDÍN DE LLUVIA CON UN ALIVIADERO.....	38
ILUSTRACIÓN 4.9 EJEMPLO DE UNA JARDÍN/MACETA ELEVADA.....	40
ILUSTRACIÓN 4.10 SECCIÓN DE UN SUMIDERO DE TIPO ALCORQUE INUNDABLE.....	40
ILUSTRACIÓN 4.11 EJEMPLO DE UN HUMEDAL SUPERFICIAL.....	42
ILUSTRACIÓN 4.12 CÉSPED REFORZADO EN UNA ZONA DE ESTACIONAMIENTO.....	44
ILUSTRACIÓN 4.13 EJEMPLO DE UN PAVIMENTO CON ADOQUINES DE RANURA.....	44
ILUSTRACIÓN 4.14 EJEMPLO DE UN ASFALTO POROSO	45
ILUSTRACIÓN 4.15 EJEMPLO DE UN HORMIGÓN POROSO.....	45
ILUSTRACIÓN 5.1 SECCIÓN DE UN JARDÍN DE LLUVIA CON UN ALIVIADERO.....	47
ILUSTRACIÓN 5.2 ZONA DEL CAMPUS	52
ILUSTRACIÓN 5.3 JARDÍN DE LLUVIA ‘MORNING GLORY’	54

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA 2. 1 CURVA IDF.....	122
GRÁFICA 2. 2 HIETOGRAMA T1.....	13
GRÁFICA 2. 3 HIETOGRAMA T2.....	13
GRÁFICA 2. 4 HIETOGRAMA T5.....	13
GRÁFICA 2. 5 HIETOGRAMA T10.....	14
GRÁFICA 5.1 HIDROGRAMA CON LOS PARTERRES INSTALADOS TEJ1.....	52
GRÁFICA 5.2 HIDROGRAMA COMPARATIVO SITUACIÓN INICAL CON LA DE PARTERRES T1.....	52
GRÁFICA 5.3 HIDROGRAMA CON LOS PARTERRES INSTALADOS TEJ2.....	53
GRÁFICA 5.4 HIDROGRAMA COMPARATIVO SITUACIÓN INICAL CON LA DE PARTERRES T2.....	53
GRÁFICA 5.5 HIDROGRAMA COMPARATIVO DE INICIAL CON PARTERRES CON SUMIDERO T1..	56
GRÁFICA 5.6 HIDROGRAMA COMPARATIVO DE INICIAL CON PARTERRES CON SUMIDERO T2..	57
GRÁFICA 5.7 HIDROGRAMA COMPARATIVO SUELOS INICAL CON PAV. PERMEABLE S2.....	59
GRÁFICA 5.8 HIDROGRAMA COMPARATIVO SUELOS INICAL CON PAV. PERMEABLE S1.....	59
GRÁFICA 6. 1 HIDROGRAMA FINAL ZONA 1	61
GRÁFICA 6. 2 HIDROGRAMA FINAL 2	62
GRÁFICA 6. 3 HIDROGRAMA FINAL CON SUMIDEROS	63
GRÁFICA 6. 4 HIDROGRAMA FINAL SUMIDEROS Y PERMEABLES	63
GRÁFICA 6. 5 HIDROGRAMA SUELOS 2 SUMIDERO+PERMEABLES.....	64
GRÁFICA 6. 6 HIDROGRAMA FINAL.....	65

LISTA DE TABLAS

TABLA 2. 1 DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD EN EL TIEMPO	122
TABLA3. 1 TABLA DE DATOS DE UNA SUBCUENCA.....	23
TABLA3. 2 TABLA DE DATOS DE LOS REACHES.....	24
TABLA 5. 1 TABLA CON LOS CM A EXCAVAR.....	48
TABLA 5. 2 TABLA CON LOS CM A EXCAVAR TEJADOS 2.....	49
TABLA 5. 3 CM A EXCAVAR NUEVOS PARTERRES.....	50
TABLA 5. 4 NUEVOS PARTERRES POR CREAR.....	51
TABLA 5. 5 SUMIDERO TEJAROS 2.....	55
TABLA 5. 7 SUMIDEROS TEJADOS 1.....	56
TABLA 5. 6 SUMDIEROS TEJADOS 2.....	56
TABLA6. 1 RESUMEN RESULTADOS.....	65

1.INTRODUCCIÓN:

1.1 Introducción

En este proyecto se estudia la aplicación al Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya de técnicas de reducción de escorrentía (SUDS).

Primeramente se define qué es un sistema de drenaje sostenible: Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) son aquellos sistemas que participan en el drenaje del agua en las ciudades. Además reducen el volumen, reducen el caudal producido por la lluvia y disminuyen los contaminantes arrastrados por la escorrentía. Su principal función es la de evitar el riesgo de inundaciones, pero además tiene otras, como es la reducción de contaminantes presentes en las aguas, minimizar costes económicos en la gestión de pluviales y mejorar el paisaje urbano.

Una vez definido los SUDS, cabe mencionar que este proyecto se realizará aportando el máximo de conocimientos adquiridos, y a pesar de carecer de una preparación extensa del tema a tratar, se cuidará de aportar el máximo rigor posible con el fin de obtener un estudio lo más realista posible.

Los primeros capítulos se centrarán en hacer un análisis general de la situación actual del Campus Nord. A continuación se hará un diagnóstico mediante la elaboración de un modelo de drenaje elaborado. Seguidamente se hará una preselección de técnicas SUDS potencialmente aplicables al campus. Para finalmente hacer una propuesta de SUDS a implementar, haciendo una comparativa a la situación actual del campus. En el último capítulo se aportarán los resultados y conclusiones obtenidas en el trabajo.

1.2 Antecedentes

Hoy en día, la relación que tiene el desarrollo sostenible con la construcción son fundamentales en la ingeniería civil. De los muchos procedimientos sostenibles en la construcción, los sistemas de drenaje sostenible en general son muy importantes para mejorar la gestión del agua, recurso de gran importancia para el desarrollo humano.

El concepto de desarrollo sostenible aparece por primera vez en 1987 en el documento Nuestro Futuro Común, conocido como Informe Brundtland, fruto de los trabajos de la Comisión de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas creada en 1983: “El desarrollo sostenible es un desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”¹. Posteriormente en el tercer principio de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992): “El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras”². Por tanto, el desarrollo sostenible significa adoptar soluciones de cara al futuro de compromiso que aúnen avance económico con conservación. Esto supone invertir en salud, calidad y medio ambiente en la actualidad con la intención de asegurar la obtención de beneficios a largo plazo.

Dentro de la línea de investigación sobre los sistemas de drenaje urbanos sostenibles, se puede decir que en el sector de la construcción dichos sistemas son bastante jóvenes. Hasta hace escasos años los proyectos de drenaje urbano, se centraban únicamente en la cantidad del agua, dejando a un lado la calidad con el mero echo de evitar inundaciones sin considerar otros daños potenciales. Actualmente, esto está cambiando y son cada vez más habituales las publicaciones de expertos que promueven una reforma en el planeamiento urbanístico considerando nuevas técnicas de drenaje sostenible.

Las técnicas de drenaje sostenible están más desarrolladas en países como Reino Unido o Estados Unidos. Pero en España están siendo incorporadas poco a poco. De hecho en España, siguiendo por la línea de investigación, se introduce en el año 2003 por el Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO) de Cantabria³. Se han desarrollado varios proyectos de investigación como por ejemplo el Proyecto de Investigación Científica Tecnológico del Ministerio de Educación y Ciencia, titulado: ‘Desarrollo de nuevas estructuras de firmes filtrantes biodegradables de hidrocarburos (FIDICA)’⁴. Por tanto, se puede decir que los SUDS son unos sistemas jóvenes y aún tienen que desarrollarse más.

¹ Karen Mulder, 2007

² Declaración de Río, 1992
<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>

³ Universidad de Cantabria www.giteco.unican.es

⁴ Plataforma tecnológica Española de la carretera www.ptcarretera.es

1.3 Cambio de mentalidad

El desarrollo sostenible supone que la idea de la industrialización y el desarrollo económico basado en que los recursos naturales nunca se terminarán es inaceptable. Nos consta que las reservas de petróleo se agotan, lo cual ha generado una fuerte inversión en energías renovables y en medidas de ahorro energético. Además que cada vez el aire está más contaminado, por no nombrar los cada vez más evidentes indicios de cambio climático que sufre el planeta. Por todo ello, se deben tomar medidas apostando por el desarrollo sostenible en todos los campos de la actividad económica.

Como ya se ha mencionado, hay una evidencia de que el clima de la Tierra está cambiando debido a la actividad humana y que continuará cambiando durante el próximo siglo, independientemente de si las emisiones de gases de efecto invernadero se reducen drásticamente o no. A causa de el cambio climático, se esperan eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes, como olas de calor, sequías o eventos de lluvias de mayor intensidad que aumenten la escorrentía de las áreas urbanas y agrícolas. El aumento de escorrentía aumentaría a su vez el riesgo de inundaciones y de descargas de DSS (Descargas del Sistema de Saneamiento), además de un aumento de contaminación difusa y erosión del suelo, con impactos potencialmente negativos para el medio ambiente natural y la población humana. Por todo ello, se deben tomar medidas apostando por el desarrollo sostenible en todos los campos de la actividad económica, y en concreto el drenaje sostenible aborda la gestión del agua de lluvia en las zonas urbanizadas.

1.4 Agua en la ciudad⁵

El agua es un elemento crucial para el desarrollo humano. El agua superficial es un recurso valioso ya que puede aumentar y mejorar la biodiversidad, la belleza, la tranquilidad, la estética natural las zonas urbanas y puede ayudar a que sean más resistentes al clima cambiante. Sin embargo, la carencia o el exceso de agua en las ciudades, como en el caso de cualquier otro recurso, causan problemas. El agua pluvial es fundamental para llenar embalses y acuíferos de los cuales posteriormente se abastecen las ciudades de agua potable. Sin embargo en las ciudades, actualmente la gestión las aguas pluviales se limita a su drenaje y es tratada como un residuo indeseable. Así, la mayor parte del agua de escorrentía de la lluvia que precipita en áreas urbanas es drenada rápidamente y vertida directamente al medio natural o al sistema de saneamiento, donde se mezcla con las aguas residuales y pierde toda su calidad.

⁵ CONAMA, agua y ciudad sistemas urbanos de drenaje sostenible

1.5 Cantidad de agua

La urbanización altera el paisaje natural y afecta los procesos hidrológicos de la cuenca como el ciclo natural del agua. El ciclo natural del agua mantiene un equilibrio de circulación de agua a través de la evaporación, precipitación, infiltración/recarga de agua subterránea, absorción y transpiración por las plantas, y la urbanización altera este ciclo natural de tal forma que en los últimos años, los sistemas de saneamiento de algunas ciudades han sido desbordados debido a las grandes cantidades de volumen de agua pluvial que reciben de zonas urbanas impermeables. La urbanización reduce la permeabilidad de la tierra, reemplazando el suelo de drenaje libre con superficies impermeables, como techos, carreteras, estacionamientos y otros terrenos. Por lo tanto, la mayor parte de lluvia se transforma mayoritariamente en escorrentía superficial que se concentra rápidamente y recauda grandes caudales punta. Esta cantidad de agua es drenada al sistema de alcantarillado, así evitando acumulaciones de grandes volúmenes en las zonas más bajas. Es por eso que es de vital importancia tener un buen sistema de drenaje ya que los problemas económicos más importantes causados por el agua de lluvia en las ciudades se debe a la cantidad de agua y los daños que producen las inundaciones, desbordamientos etc.

En una cuenca urbana el hidrograma de escorrentía de lluvia es totalmente distinto al de una cuenca natural. En las ciudades hay una mayor impermeabilización del terreno, por tanto, apenas se produce escorrentía subsuperficial, infiltración, almacenamiento subterráneo, evapotranspiración o evaporación. Por eso a diferencia del hidrograma de escorrentía, es que la punta del caudal se genera en muy poco tiempo debido al mayor porcentaje de superficie impermeable. En la ilustración 1.1 se muestra la diferencia de hidrogramas para las distintas superficies, una con mayor impermeabilidad a causa de la urbanización. Sin un buen sistema de drenaje capaz de absorber este caudal punta, puede generar un aumento de inundaciones.

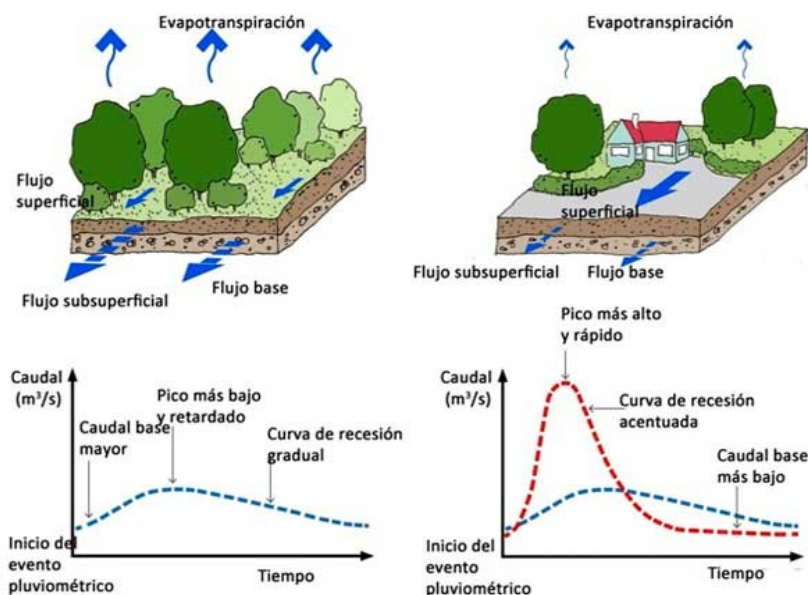


ILUSTRACIÓN 1.1 DIFERENCIA DE HIDROGRAMAS EN DIFERENTES SUPERFICIES⁶.

⁶ Impactos urbanización ciclo del agua www.iagua.es/impactos-urbanizacion-ciclo-agua

Como acabamos de mencionar, la urbanización reduce la cantidad de agua que puede infiltrarse en el suelo, y esto puede aumentar significativamente la velocidad a la que el agua circula en superficie. Esto se puede deducir siguiendo la fórmula de Manning: ya que el número de Manning depende de la rugosidad, vegetación, obstrucción de la superficie, entre otras, y su valor influye en la velocidad del caudal. Reduciendo el número de Manning vemos que la velocidad aumenta.

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

También con una mayor impermeabilización se observa que hay una disminución del umbral de escorrentía: El umbral de escorrentía es la cantidad de precipitación (en mm) mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía,⁷

Sus valores, dependen del tipo de terreno, su pendiente, y sus características hidrológicas se muestran en la tabla 2.1 de la Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial.

En resumen, una zona urbana es significativa de un aumento de la impermeabilidad de la superficie, que conlleva una disminución de capacidad de infiltración y retención de la lluvia, y un aumento de volumen y velocidad de lluvia de escorrentía. Por eso es importante el enfoque de SUDS, que implica disminuir la velocidad y reducir la cantidad de escorrentía de aguas superficiales de un área desarrollada para gestionar el riesgo de inundación aguas abajo, y reducir el riesgo de que esa escorrentía cause contaminación en los medios receptores. Esto se logra cosechando, infiltrando, ralentizando, almacenando, transportando y tratando la escorrentía en el sitio y, cuando sea posible, en la superficie en lugar de bajo tierra.

1.6 Calidad del agua

El método tradicional consiste en drenar la escorrentía de las aguas superficiales de las zonas urbanizadas a través de sistemas subterráneos de almacenamiento de tuberías y tanques. La intención de este método era proteger la salud pública y evitar inundaciones locales drenando el agua lo más rápido posible. En algunos casos, la escorrentía de aguas superficiales drena a una alcantarilla combinada donde se mezcla con las aguas residuales. En tales sistemas, esto puede suponer una carga significativa e impredecible en las obras de tratamiento de aguas residuales, provocando que algunas de las aguas residuales no tratadas se derramen en los cursos de agua receptores a través de las descargas del sistema de saneamiento (DSS) combinados. En desarrollos más recientes, generalmente se han proporcionado redes de alcantarillado separadas para los sistemas de aguas sucias y superficiales. El agua sucia se canaliza a las obras de tratamiento de aguas residuales, mientras que el agua superficial se canaliza al curso de agua más cercano. Estas alcantarillas de aguas superficiales separadas reducen el riesgo de DSS (Descargas del Sistema de Saneamiento), pero estas aguas aun transfieren los contaminantes captados por la escorrentía en las zonas urbanas. Aunque los tanques de atenuación y los controles de flujo a veces se pueden usar para controlar el aumento de las tasas de flujo máximo, los cambios en las frecuencias y volúmenes de descarga

⁷ Añejo 6: Hidrología y drenaje. Ministerio de fomento

generalmente no se abordan, y estos pueden conducir a impactos físicos como la erosión y la alteración de los hábitats y los ecosistemas.⁸

En el paisaje natural, la vegetación absorbe la lluvia y filtra fuera los contaminantes. En las áreas desarrolladas, los paisajes SUDS bien diseñados pueden ofrecer los mismos servicios de drenaje como techos verdes con vegetación, sistemas de biorretención, humedales y estanques que utilizan los mismos procesos naturales. A medida que la escorrentía de agua superficial se lava sobre una superficie de captación desarrollada, moviliza sedimentos, basura y una amplia gama de contaminantes relacionados con las actividades humanas (como aceites, grasas, metales, fertilizantes, pesticidas, desechos animales, sales y patógenos). Sin intervención, éstos eventualmente desembocan en ríos, aguas subterráneas o el mar, lo que representa un riesgo para el medio ambiente y la salud pública. Dado que la contaminación es generalizada y proviene de muchos tipos de fuentes y ubicaciones, se conoce como "contaminación difusa" y, aunque las fuentes individuales pueden no representar una amenaza, en conjunto pueden provocar impactos significativos en las aguas subterráneas o superficiales.⁹

El objetivo de los SUDS es intentar restaurar o preservar los procesos de tratamiento natural relacionados con la vegetación anteriores al desarrollo urbano para los procesos de escorrentía, tanto para lluvias pequeñas o más intensas. En estos procesos de tratamiento natural incluyen la reducción de escorrentía superficial (mediante intercepción y filtración) y eliminación de cargas contaminantes. Dentro de estos objetivos, los SUDS pretende eliminar los contaminantes atrapados antes de que lleguen a las aguas receptoras.

1.7 Servicio

Los SUDS mejoran el espacio verde dentro de los desarrollos urbanos. Se conectan a redes verdes más amplias, creando la aparición de hábitats y lugares para que la vida silvestre crezca. No solo la vida silvestre se ve beneficiado por los SUDS, la comunidad obtiene algunos beneficios como por ejemplo aparece una mejora de la salud y el bienestar, mejora la calidad de vida y su habitualidad, lo que a su vez puede traducir en un aumento de la propiedad y prosperidad económica de la localidad. Un ejemplo podría ser la aparición de inundaciones en las calles, pues esto resulta ser un problema de comodidad y seguridad. Otro ejemplo es el rápido drenaje del agua de lluvia en las ciudades provoca que el terreno sea incapaz de suavizar la temperatura ambiente y sobretodo en verano es un efecto a considerar. Este efecto es denominado 'isla de calor', que es la concentración de calor en los centros urbanos debido a la continua impermeabilización de las ciudades y afecta directamente a la comodidad de los habitantes.¹⁰

Por ultimo, el mayor problema de servicio relacionado con el agua de lluvia en las ciudades es el rápido valor que pierde ésta. En las ciudades, al ser drenada el agua de escorrentía con tanta

⁸ MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE, FORMULARIO 5' - DESBORDAMIENTOS DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO EN EPISODIOS DE LLUVIA , <https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/2014-11>

⁹ MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA: GUÍAS DE ADAPTACIÓN AL RIESGO DE INUNDACIÓN: SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE, 2019

¹⁰ The SUDS manual, 2007 publicado por CIRIA

rapidez, ésta no es aprovechada ya que se concentra en el sistema de saneamiento. Además, la creciente demanda de agua potable, hace que los ríos y los acuíferos estén sobreexplotados, lo que hace que el riesgo de sequías sea cada vez más alto.

1.8 Ventajas

Una vez vista la problemática de la cada vez más abundante superficie urbana, por lo tanto, también el aumento del volumen de escorrentía, los sistemas de drenaje necesitan un cambio y aplicar nuevas técnicas que ayuden a solucionar los problemas cada vez más presentes. Los SUDS ayudan a solucionar los problemas relacionados con el agua de la lluvia en las ciudades, siendo aplicables también tanto en carreteras, aeropuertos y otros tipos de infraestructura que contengan alguna zona impermeable que requiera un sistema de drenaje pluvial.

Seguidamente se explicarán algunas de las soluciones que ofrecen algunos ejemplos de SUDS. Por ejemplo, los niveles de agua aumentan de forma gradual y visible durante las grandes lluvias, pero con SUDS el exceso de escorrentía puede transportarse fácilmente desde dentro del sistema de drenaje hacia zonas de almacenamiento y zonas seguras definidas. De esta forma se logra que las comunidades puedan prepararse de una manera más efectiva que cuando ocurren inundaciones de los sistemas subterráneos que aparecen repentinamente. Es decir, los SUDS protegen a la comunidad frente al riesgo de inundaciones.

A causa de los incrementos de temperatura que se esperan en un futuro, se deduce que habrá una disminución de la disponibilidad de el agua en las estaciones más calurosas. Al mismo tiempo, es probable que el crecimiento de la población conduzca a una mayor demanda de agua. Es por éste motivo que es importante mantener el suministro público de agua sin causar daños ambientales. La distribución de gestionarse de manera sostenible. SUDS puede ayudar al complementar el suministro de agua mediante la recolección de agua de lluvia y reducir las descargas de contaminantes en las aguas receptoras.

Ayuda a la recarga de acuíferos subterráneas, restituyendo el flujo subterráneo hacía los cursos naturales mediante infiltración. Mejora la calidad del agua y reduce los volúmenes de escorrentía.

Además de estos impactos en los sistemas de agua, es probable que el cambio climático también afecte muchos aspectos de la vida urbana, especialmente la salud humana, ya que a mayor temperatura también hay más riesgo para la salud, esto queda constatado en las numerosas muertes que se han provocado en los últimos años a causa de las olas de calor. Los diferentes tipos de SUDS pueden ayudar a proporcionar refrigeración urbana. Por ejemplo, los techos verdes pueden ayudar a aislar los edificios, las paredes verdes y los jardines verticales pueden soportar la ventilación natural los árboles proporcionan sombra y las características del agua enfrían el aire.

Con SUDS se crean entornos naturales de mayor valor paisajístico que mejoran la calidad estética de una zona urbana, aumentando el valor de las zonas residenciales donde se implantan. Además que también favorecen al enriquecimiento de la biodiversidad. También

Otro ejemplo, el tiempo de respuesta o 'lag-time' que lo se define como el tiempo que transcurre entre el centro de gravedad del hietograma o pluviograma de lluvia hasta el pico de el caudal máximo del hidrograma, aumenta con la existencia de SUDS.

Finalmente, los SUDS se pueden considerar como un sistema de drenaje de bajo coste. Además, los SUDS son aplicables puntualmente a cualquiera de los tipo de red de drenaje, mejorando su funcionamiento y eficacia.

1.9 Inconvenientes

A pesar de los muchos beneficios de los SUDS, estos sistemas son relativamente nuevos por lo que carecen de experiencia práctica en su implantación. Esto provoca algunos inconvenientes como que alguna de las mejoras que provocan los SUDS, deben ser probadas a lo largo del tiempo. La desconfianza frente al drenaje convencional es alta, de ahí su poca puesta en obra. Otro inconveniente es que la inexperiencia del sector de la construcción, puede poner en peligro la adecuada ejecución de los sistemas, consecuentemente la aparición de algunas malas experiencias. Además algunos sistemas requieren un mantenimiento específico, diferente del usado en técnicas de drenaje convencional. ¹¹

¹¹ Sudssostenible.com

2. ÁREA DE ESTUDIO

Una vez realizada una explicación de la problemática que puede conllevar un exceso del agua en las ciudades, de los efectos de la impermeabilización de las superficies, y de los beneficios que pueden aportar los sistemas urbanos de drenaje sostenibles para remediar dichos problemas o problemas futuros a causa de el cambio climático, en este apartado se pretende realizar una descripción del lugar en concreto donde realizaremos el estudio. Dicho ámbito es el Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya, y para elaborar la descripción se hablará de la geografía y orografía del terreno que comprende el campus, así como la climatología que le caracteriza. Posteriormente, se expondrán los datos de lluvia con los que se trabajará para hacer un análisis del estado actual (datos manejados con el HEC-HMS).

2.1 Geografía y Orografía del terreno

El Campus se encuentra situado en la comarca del Barcelonès, en la provincia de Barcelona. Se sitúa a los pies de la sierra de Collserola y delimita con Esplugues de Llobregat. Se encuentra en el barrio de Pedralbes, justo al Norte del final de la Avenida Diagonal.

El campus es característico por tener unas pendientes pronunciadas, que hacen que la escorrentía que no es introducida en la red de drenaje, circule aguas abajo con gran rapidez sin provocar inundaciones. Las pendientes más pronunciadas del campus pueden alcanzar hasta el 5%.

El campus se encuentra geográficamente a 41.388572 grados N de latitud y 2.111938 W de longitud. En cuanto a su altitud el campus se encuentra aproximadamente alrededor de los 115 msnm (metros sobre el nivel del mar). Forma parte de la cuenca hidrográfica de las rieras del Llano de Barcelona.

El área de estudio en el que nos centraremos, tiene una superficie de 36534,07 metros cuadrados. Más adelante, en la elaboración del modelo de drenaje se explicará con detalle qué zonas se estudiarán.

2.2 Climatología

El Campus Nord está situado en una zona caracterizada por un clima denominado Mediterráneo subtropical o marítimo. Este clima es un tipo de clima templado que se caracteriza por inviernos templados y secos, veranos secos y calurosos, y otoños y primaveras lluviosas variables tanto en temperaturas como en precipitaciones.

La principal característica del tipo de clima que afecta a Barcelona, que es la de un clima mediterráneo de costa, es la suavidad en invierno, ya que pocas veces hay heladas y pueden pasar años sin que el termómetro baje de los cero grados. Por otra parte las temperaturas medias de los meses más fríos se encuentran entre los 9 y los 12 grados. En verano las temperaturas medias se sitúan alrededor de los 25 grados con una fuerte humedad pero con una marinada que hace que las temperaturas máximas no alcancen valores más altos.¹²

En cuanto a precipitaciones, su característica principal es la ausencia de precipitaciones durante el verano. También se caracteriza por las irregularidades de sus precipitaciones. Tiende a tener precipitaciones máximas diarias que pueden superar con creces las medias mensuales, en especial en verano y otoño. También las precipitaciones asociadas a gotas frías de otoño de un día o dos de precipitación superar la precipitación media de todo un año. Dentro del total de las precipitaciones, un alto porcentaje se asocia con chubascos y temporales. Siguiendo por la misma línea, los valores anuales de escorrentía asociados a precipitaciones fuertes son mayores que en otros climas.

Resumidamente, las precipitaciones en el Mediterráneo en general, y concretamente en Barcelona son muy variables y pueden alejarse mucho de las medias. Por otro lado, cuando llueve, suelen ser lluvias torrenciales. Es por eso que es fácil encontrar en los alrededores de Barcelona, rieras o ríos con una estructura de un caudal de avenidas mucho mayor del caudal dominante anual.

¹² Climate data- es.climate-data.org/europe/espana/cataluna/barcelona-1564

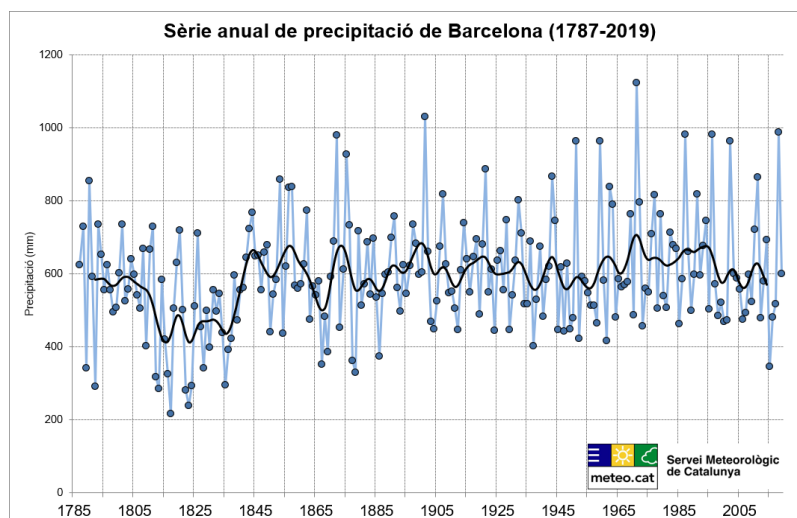


ILUSTRACIÓN 2.1 PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL DE BARCELONA 1787-2019 ¹³

La gráfica anterior se ha obtenido del servicio meteorológico de Catalunya donde se muestran las precipitaciones medias históricas de Barcelona.

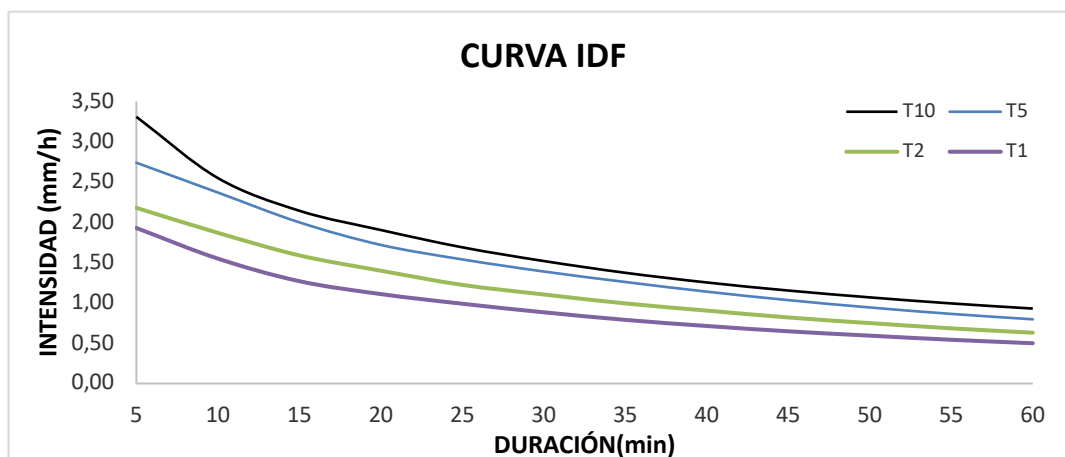
Hace falta comentar que la precipitación media anual en Barcelona de los últimos 230 años es de 592mm y se ha incrementado a un ritmo de +4mm/década, es decir un aumento del 15% del global. El 2018 fue el tercer año más lluvioso de la serie con 988mm de lluvia.

2.3 Datos pluviométricos para el estudio

Para la ejecución de este proyecto, desde la escuela se han proporcionado unos datos pluviométricos que se basan en las lluvias con periodo de retorno de 1,2,5 y 10 años de la ciudad de Barcelona.

Primero se nos facilitó la precipitación caída en un intervalo de una hora con diferentes periodo de retorno. Seguidamente también se obtuvieron las intensidades de precipitación, con lo que se pudo obtener la curva de intensidad-duración-frecuencia(IDF).

¹³ meteocat



GRÁFICA 2. 1 CURVA IDF

Se sabe que una vez obtenida la cantidad de precipitación caída(mm=m3 de agua caidos por m2) se puede deducir la intensidad de precipitación(I) en mm/h mediante:

$$I = \frac{P}{t}$$

P= Precipitación caída

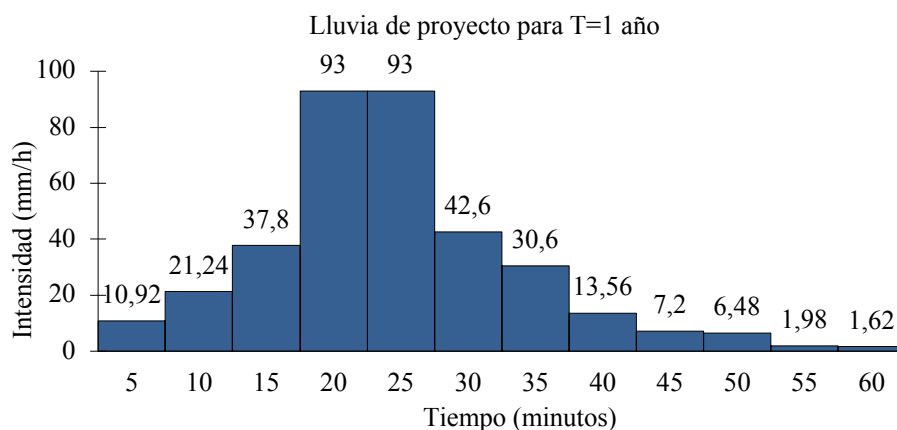
t= tiempo

Por tanto las intensidades que se obtienen y sus Hietogramas correspondientes son los siguientes:

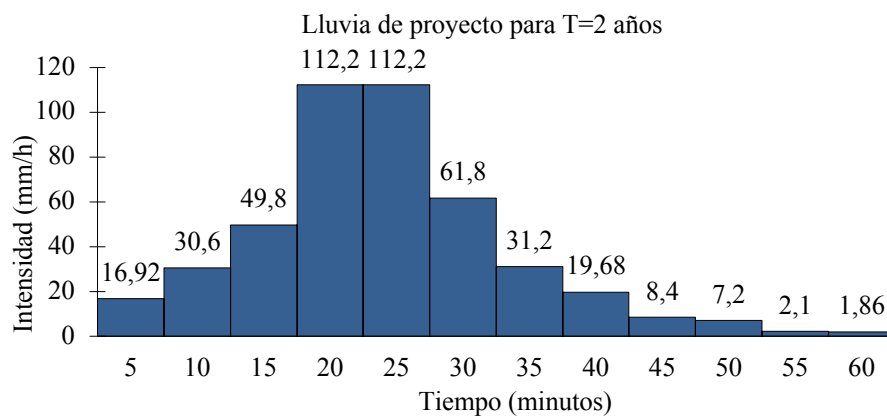
TABLA 2. 1 DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD EN EL TIEMPO

HIETOGRAMAS DE LLUVIAS DE PROYECTO (mm/h)												
Periodo de retorno	Tiempo (minutos)											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
10	24,84	40,2	71,28	153	153	79,92	49,8	29,88	21,24	18,24	14,64	13,56
5	18	38,4	52,8	142,2	142,2	75,6	49,2	28,8	11,7	7,5	3,84	3,6
2	16,92	30,6	49,8	112,2	112,2	61,8	31,2	19,68	8,4	7,2	2,1	1,86
1	10,92	21,24	37,8	93	93	42,6	30,6	13,56	7,2	6,48	1,98	1,62

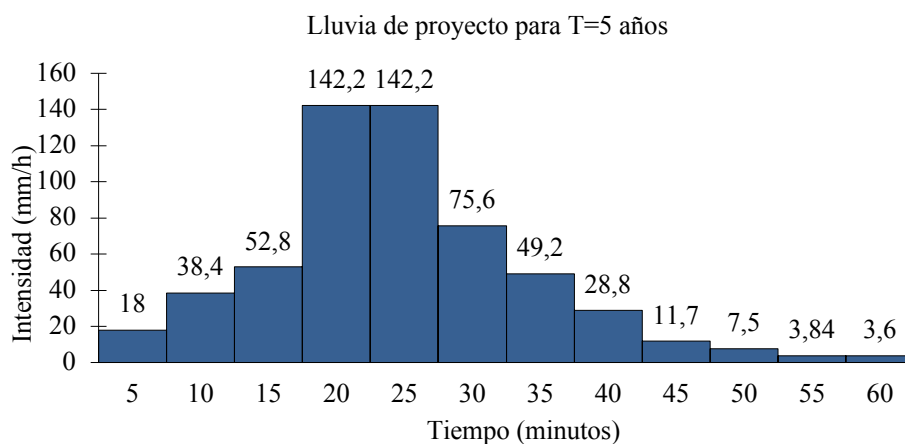
2.4 Hietogramas:



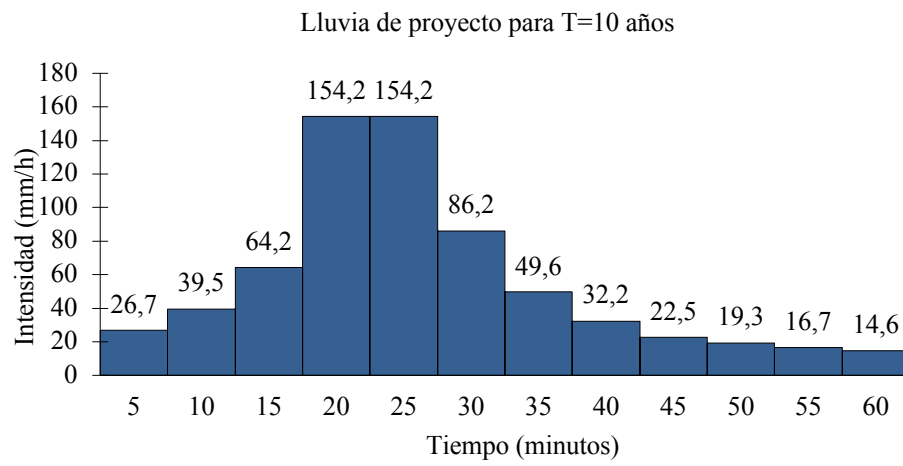
GRÁFICA 2. 2 HIETOGRAMA T1



GRÁFICA 2. 3 HIETOGRAMA T2



GRÁFICA 2. 4 HIETOGRAMA T5



GRÁFICA 2. 5 HIETOGRAMA T10

3. ELABORACIÓN DEL MODELO DE DRENAJE DEL CAMPUS

En este capítulo se explicará el modelo de drenaje elaborado del campus. Este modelo servirá para analizar la situación hidrológica actual pudiendo compararla con una situación futura aplicando los posibles efectos de los sistemas urbanos de drenaje sostenible que más le convengan con tal de cumplir con el objetivo principal que es la reducción de volúmenes de escorrentía del mismo Campus Nord.

3.1 Análisis espacial

Lo primero será hacer un análisis espacial del campus con el objetivo de analizar los elementos distintivos de su entorno para posteriormente introducir la información en el programa HEC-HMS.

La primera acción será la división del campus en 2 estados distintos. Se dividirá el campus tal forma que se pueda hacer dos análisis distintos en cuanto a el agua que reciben los tejados de los edificios del Campus (A, B, C y D), y otro análisis será para el agua que reciben los suelos del campus. Haciendo una valoración general del espacio del Campus y sus elementos, se decide suprimir el aérea del Parking (situado en la parte superior del Campus) y también se suprime toda la zona del Nexus, Polideportivo, Omega y el resto de edificios adjuntos al campus. Por tanto la superficie que se estudiará son los edificios y los suelos que comprenden entre parking superior hasta la explanada que hay enfrente de la biblioteca del campus, de Norte sud. Y el área comprendida entre las calles John Maynard Keynes y Gran Capità. A continuación se ilustra el área a estudiar.



Ilustración 3.1 Vista aérea del campus



ILUSTRACIÓN 3.2 ILUSTRACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Analizando los planes actuales del Campus Nord, observamos que el sistema de saneamiento de este, tiene dos salidas por las que es drenada el agua, una en cada esquina inferior del campus. Se decide en el nuevo modelo a elaborar hacer lo mismo y diseñar un nuevo modelo con dos salidas. Es por este motivo que se decide subdividir el campus en 2 partes más; la parte izquierda que comprende los edificios (A1,A2,B0,B1,B2,C1,C2,D1 y D2) y la parte derecha que comprende el resto del espacio del campus. De este modo el campus se divide en 4 partes para ser analizado:

1. Los tejados de la parte izquierda del campus, al que nombraremos **TEJADOS 1**
2. Los suelos que existen entre los edificios del campus de la parte izquierda que nombraremos **SUELOS 1**
3. Los tejados de la parte derecha del campus, al que nombraremos **TEJADOS 2**
4. Los suelos que existen entre los edificios del campus de la parte izquierda que nombraremos **SUELOS 2**

Se puede decir que se han elaborado 4 cuencas distintas a estudiar. Dentro de cada cuenca (cada una de las 4 divisiones), se ha subdividido las superficies en sub-cuencas. Se ha sub-dividido toda la superficie para que aproximadamente cada subcuenca tenga una superficie aproximada

de unos 200 m^2 , siempre respetando los elementos distintivos del campus y manteniendo una estética de ordenación.

En el ANEXO de planos se muestran las áreas de estudio diseñadas con Autocad con sus respectivos bajantes.

Finalmente, cada cuenca tiene las siguientes cantidades de sub-cuencas: SUELOS1 (32 subcuencas), TEJADOS 1 (37 SUBCUENCAS), SUELOS 2 (42subcuencas) y TEJADOS 2 (36 subcuencas). Se debe mencionar, que una vez diseñado el campus en las múltiples subcuencas, podemos hacer un pequeño análisis de la estructura del campus. Observamos que el área total de estudio es de 36534 m^2 . De esta totalidad los tejados comprenden un 49,53% de la superficie total con $18096,8 \text{ m}^2$. De todos los tejados, los TEJADOS 1 tienen un área de $7493,49 \text{ m}^2$ que significa el 20,51% del área total, mientras que los TEJADOS 2 forman el resto de la totalidad de áreas de tejados con $10603,31$ y un 29,02%. En cuanto a los suelos, los SUELOS 1 forman $7549,74 \text{ m}^2$ siendo el 20,6% del área total. Para finalizar los SUELOS 2 se trata del área más grande con $10887,53 \text{ m}^2$ con el 29,8% del total.

3.2 Programa HEC-HMS

Antes de utilizar el programa HEC-HMS ('Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System') se describe cómo funciona dicho programa. Es un programa que fue diseñado para simular procesos de lluvia-escurrimiento en sistemas dendríticos de cuencas. El programa simula respuestas hidrológicas de una cuenca y se usa para estudios de drenaje urbano, pronósticos de lluvia, futuras urbanizaciones, futura disponibilidad del agua, reducción de daño de inundaciones, etc.

Dentro del programa se pueden incluir diversos modelos de cuenca, modelos meteorológicos, especificaciones de control, con la posibilidad de crear simulaciones combinando estas características.¹⁴

Cada modelo contiene una descripción física de la cuenca donde se inserta elementos como subcuencas (subbasins) con sus respectivas áreas, tramos de propagación de hidrogramas (reaches) o uniones de elementos (junctions). Además contiene una descripción meteorológica que define la precipitación de entrada en cada subcuenca, especificaciones de control que fijan el tiempo de simulación así como características del suelo o características hidráulicas del tramo del canal.

Una vez estructurada la superficie de estudio, se diseñará la misma cuenca del campus con el programa HEC-HMS. Como se ha comentado antes, se elaboran 4 cuencas con sus respectivas subcuencas. El diseño de cada cuenca en el programa HEC-HMS son los siguientes:

¹⁴ upc commos manual hec-hms

TEJADOS 1

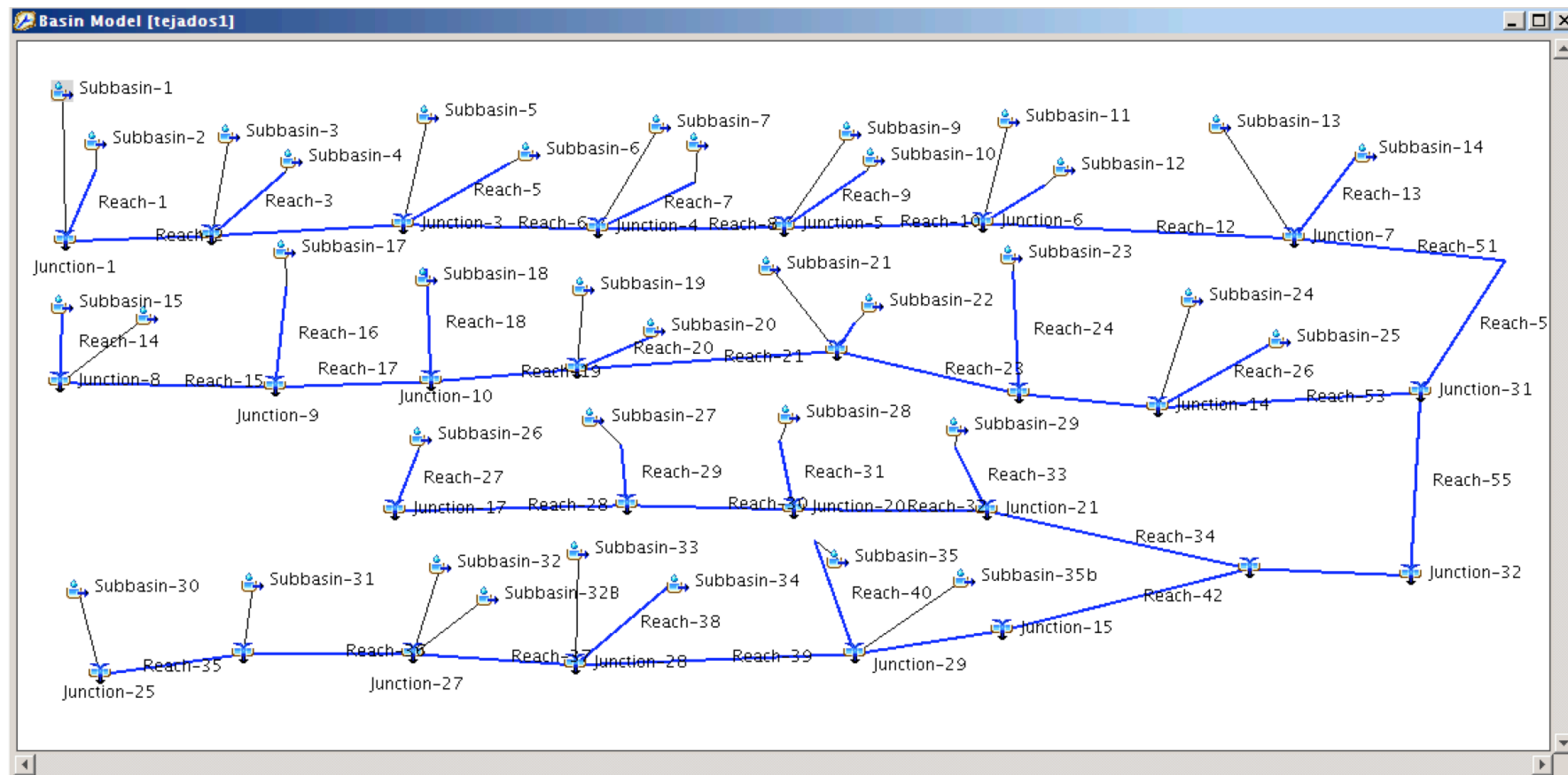


ILUSTRACIÓN 3. 3 ESQUEMA TEJAJOS 1 HEC-HMS

TEJADOS 2

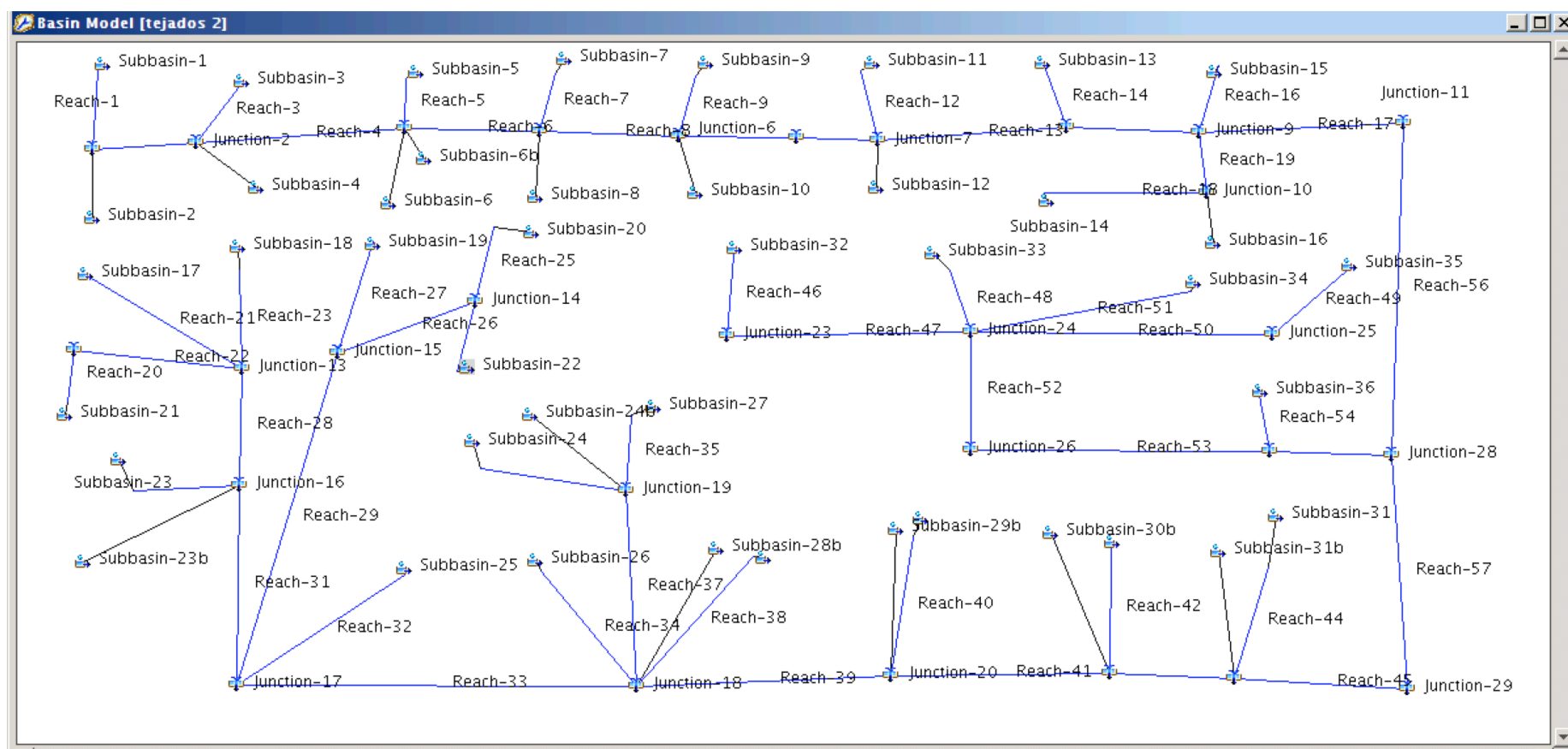


ILUSTRACIÓN 3. 4 ESQUEMA TEJAJOS 1 HEC-HMS

Aplicación al Campus Nord de técnicas de reducción de escorrentía

SUELOS 1

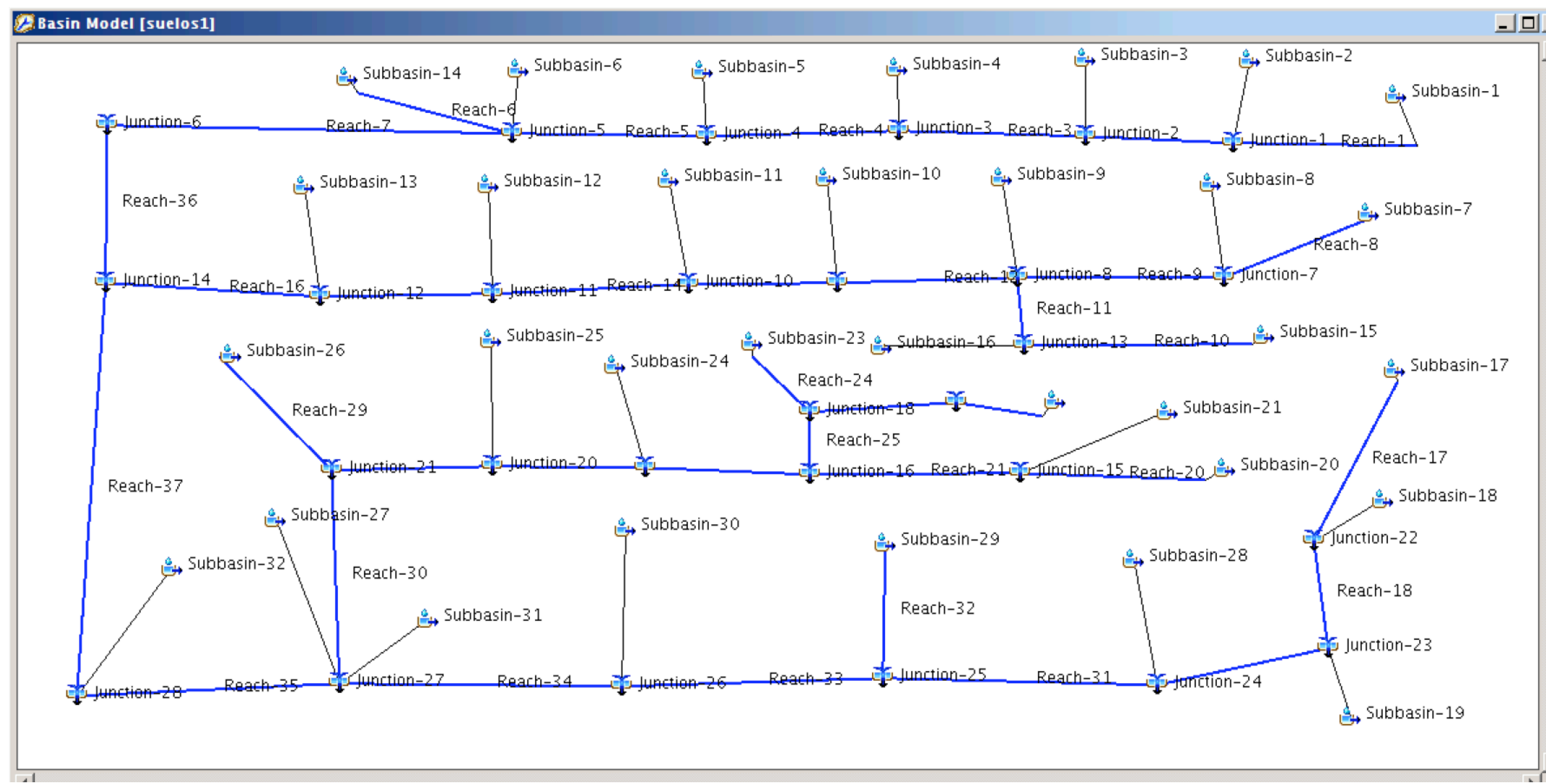


ILUSTRACIÓN 3. 5 ESQUEMA SUELOS 1 HEC-HMS

SUELOS 2

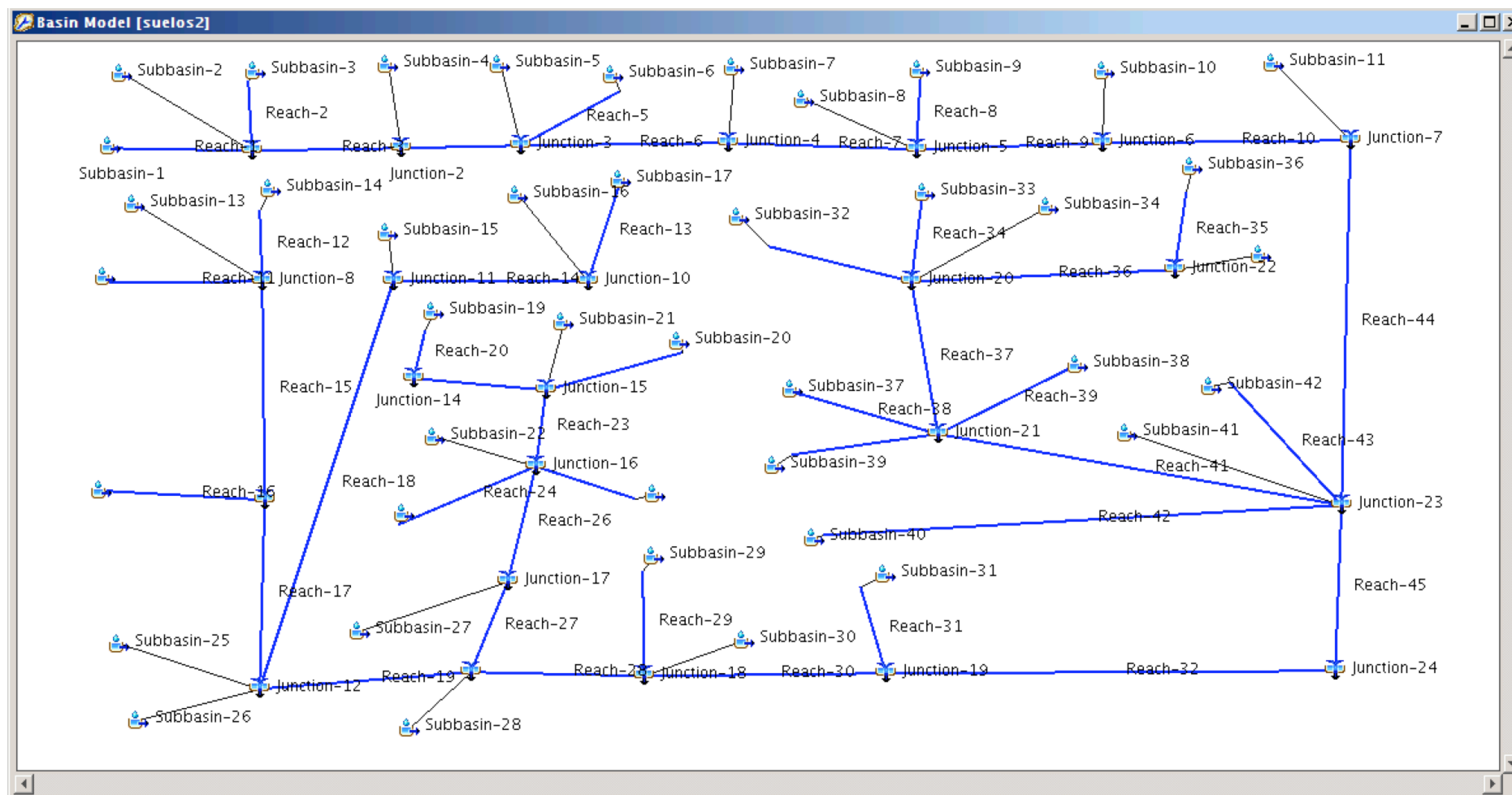


ILUSTRACIÓN 3. 6 ESQUEMA SUELOS 2 HEC-HMS

Aplicación al Campus Nord de técnicas de reducción de escorrentía

3.3 Datos a importar al programa

Definida cada cuenca en el programa, seguidamente se rellenarán los datos necesarios para crear una simulación.

Aunque en las ciudades el suelo es muy impermeable, no lo es del todo, por lo que siempre habrá un umbral de escorrentía, que se define como la cantidad de precipitación a partir de la cual el terreno no es capaz de infiltrar más agua y ésta fluye sobre la superficie. Por tanto, para poder calcular el umbral de escorrentía debemos saber la capacidad de infiltración del suelo.

El programa nos da la opción de calcularlo con diferentes modelos de infiltración. En este proyecto utilizaremos el modelo de Servicio de Conservación de Suelos, que determina un número hidrológico o número de curva (CN) agregado a la cuenca. El Numero de Curva (CN) toma valores de 0 a 100 dependiendo de su capacidad de crear escorrentía. Si el CN se acerca al valor de 0 significa condiciones de permeabilidad muy altas, pero por el contrario un valor cercano a 100 es significativo de una impermeabilidad alta. Dichos valores se establecen en la tabla publicada por el Servicio de Conservación de Suelos norteamericano (SCS). El valor de número de curva a adoptar depende del tipo de uso del suelo, de su pendiente y por el tipo de suelo según su permeabilidad. Un tipo suelo A tiene rápida infiltración y buen drenaje, mientras que el tipo de suelo D tiene una lenta infiltración y un mal drenaje.

En el modelo creado, las cuencas se encuentran en una zona urbana, por lo que es una zona con una impermeabilidad alta. Los valores del CN a aplicar en el programa rondarán cerca del valor de 100. Observando el campus, se aprecia que la cuenca de SUELOS 2 aparenta tener una mayor vegetación en cuanto a arboles se refiere, respecto a SUELOS 1. Por lo que se opta a elegir un CN de 92 para todas las subcuencas de los SUELOS 1 y TEJADOS 1, pero en cambio se elige escoger un CN de 94 para los SUELOS 2 y los TEJADOS 2.

Como el objetivo del proyecto es ver como se pueden reducir los volúmenes de escorrentía utilizando sistemas urbanos de drenaje, aplicar un porcentaje de impermeabilidad o una abstracción del suelo es influyente en los resultados finales por lo que los dejaremos en blanco en el programa.

Para terminar con los datos a importar, deberemos calcular el valor de todos los 'LAG-TIME' de cada subcuenca. El 'Llag-time' se define como el tiempo que transcurre desde el centro de gravedad del hietograma al centro de gravedad del Hidrograma de caudales. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$Tlag = 0.35 * Tc$$

Tc= tiempo de concentración que se define como el tiempo necesario de una cuenca para que todos los puntos de este estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida.

$$Tc = 0.3 * \left(\frac{L}{i^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde $L = m$ $i = \text{pendiente (m/m)}$

Finalmente, se deberá conectar cada subcuenca aguas abajo, ya sea con una conexión directa o con un tramo de conexión. Se deberá poner el área de cada subcuenca correspondiente. Se crea una tabla con la información necesaria (anexo cuencas), como por ejemplo:

TABLA3. 1 TABLA DE DATOS DE UNA SUBCUENCA

	Areas									Tlag
SUB1		AREA	AREA TOTAL		Subcuenca nº	1	Area =	240,06	m2	
		PARTERRE			% del area Total	Pérdidas				
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad	
				Banda de flujo superf. #1	75,00	5	8,5	0,01	0,016	0,4033657
				Banda de flujo superf. #2	25,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901
	240,06	43,32	196,74	Canal Principal			19,74	0,01	0,016	0,7652518

En las tablas de datos de las subcuencas se encuentra la siguiente información: se encuentra el área de cada subcuenca (en caso que sea una cuenca de SUELOS, se le resta el área de los parterres adjuntos a los edificios, obteniendo un área total a introducir en el programa), se introduce la pendiente de la subcuenca, se encuentra las bandas de flujo principales que es la aportación en % de las diferentes bandas al canal principal, rugosidad y tiempo de retardo (Tlag).

Se debe mencionar, que una vez estructurada el campus en las múltiples subcuencas, podemos hacer un pequeño análisis de (Todos los cálculos de Tlag para cada subcuenca se encuentran en el ANEXO de cuencas).

Finalizado el proceso de datos a importar en las subcuencas, falta complementar los datos para los tramos de propagación (reaches). Los hidrogramas resultantes a la salida de las subcuencas se propagan a través de cauces. El hecho que un hidrograma viaje por un cauce provoca cambios en el hidrograma. Para tener en cuenta este efecto se deben utilizar los elementos "Reach". Al hacer dobleclick encima de ellos se puede escoger el método de propagación y rellenar los parámetros necesarios para su definición. Para el caso del trabajo, se debe escoger el método de propagación de Muskingum y proporcionar los parámetros K y X que definen el cauce.¹⁵

El método de Muskingum es un método basado en la laminación por almacenamiento, que establece una relación entre la cantidad de agua almacenada con el caudal entrante y saliente.¹⁶ El parámetro X es un factor en que si su valor es 0, significa que el volumen solo sería función

¹⁵ portal.camins.upc.edu/materials_guia/250336/2012/40_ManualHMS

¹⁶ http://hidrologia.usal.es/temas/Transito_Hidrogramas

del caudal saliente. Para $X=0.5$ significa que entra el mismo caudal que sale. Para $X>0.5$ entrara más caudal del que sale. Para el proyecto se decide utilizar un valor de 0.2 para todos los tramos.

Cuando trabajamos con el método de Muskingum, tenemos que calcular los valores de K , que este considera igual al tiempo de tránsito de la onda de avenida a través del tramo.

$$K = 0.18 * \left(\frac{\Delta x (Km)}{i^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Para terminar con los reaches debemos comprobar que la propagación sea completa por tanto se debe cumplir que $\Delta x > 2Kx$, pues si no fuera así aparecen valores negativos de caudal aguas abajo en los primeros instantes. Se cumple en todos los casos, pero si no fuera así, sería necesario utilizar sub-reaches.

A continuación se muestra un ejemplo de una tabla con los valores necesarios para los datos a importar a los elementos de los reaches. el resto de valores de K se muestran en el anexo de cuencas.

TABLA3. 2 TABLA DE DATOS DE LOS REACHES

						Longitud(m)	Pendiente	Rugosidad	K
RUTA1				Colector		8,97	0,01	0,016	0,0120059

Una vez terminado el modelo de cuencas (basin model) debemos crear un modelo meteorológico que debe incluir por lo menos una lluvia. Se pueden crear varias lluvias, de hecho se introducen 4 (gages) , una por cada lluvia con distinto periodo de retorno, pero en este proyecto utilizará la lluvia de proyecto con un periodo de retorno de diez años. Se trabajará con un hietograma incremental y se introducirán los datos en milímetros de lluvia.

Como se trabaja con lluvias sintéticas de proyecto, se utiliza un inicio de tiempo cualquiera, se utiliza el tiempo que ya viene predeterminado que es el 1 de enero a las 00:00. Seguidamente se designa a cada cuenca la lluvia correspondiente. Después se selecciona el icono "specified hyetograph" para asignar una lluvia a cada subcuenca:

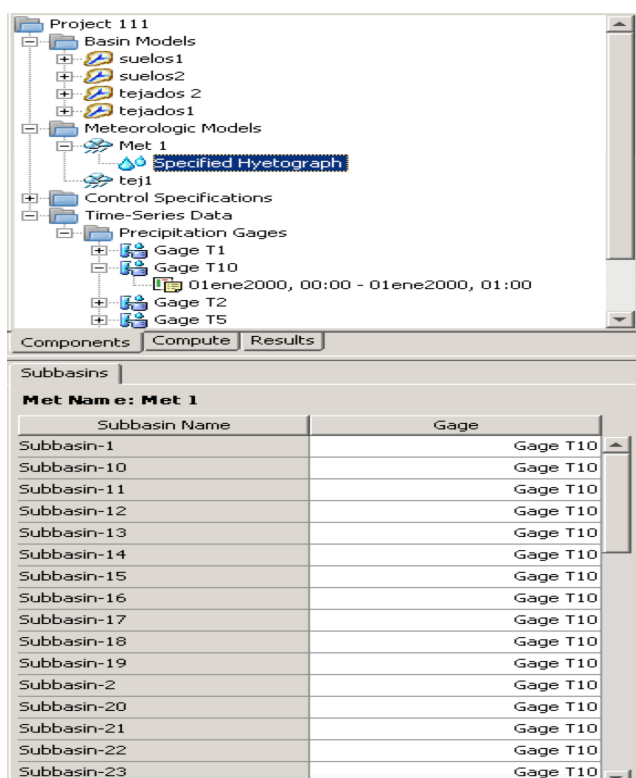


ILUSTRACIÓN 3.7. MODELO METEOROLÓGICO EN HEC-HMS

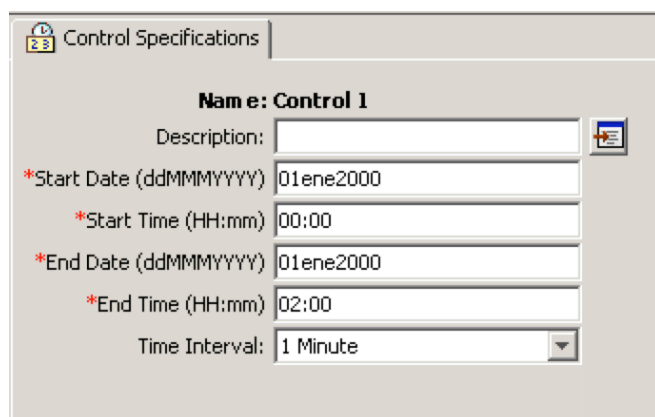


ILUSTRACIÓN 3.8 CONTROL SPECIFICATIONS HEC-HMS

Por último, se define la cantidad de puntos en que se discretizan los hidrogramas.

Se obtienen los hidrogramas no de forma continua, sino con datos cada cierto intervalo de tiempo que se debe definir, y para ello se debe utilizar la herramienta 'Control Specifications Manager'.

Introducimos un final de tiempo de 2 horas para que el hidrograma pueda completar su representación. Finalmente, estos son los diagramas obtenidos del modelo creado para el estado actual de el Campus Nord.

3.4 Hidrogramas obtenidos del modelo actual del campus

TEJADOS 1

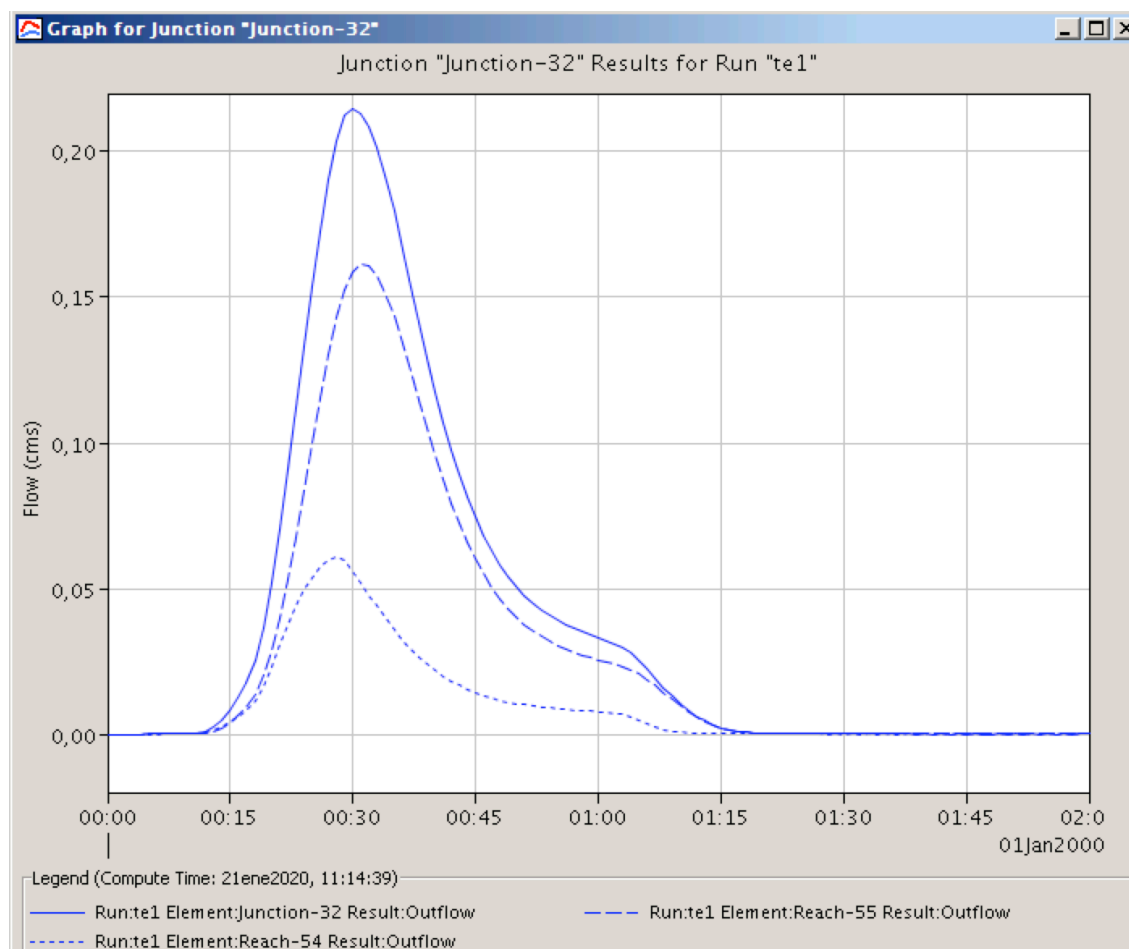


ILUSTRACIÓN 3.9 HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS, CUENCA TEJADOS 1

En cuanto a los TEJADOS 1, se observa que tiene un pico de descarga de $0.2148 \text{ m}^3/\text{s}$, que se alcanza justo a la media hora de empezar la lluvia, y tiene un volumen excedente de lluvia de 37.43 mm.

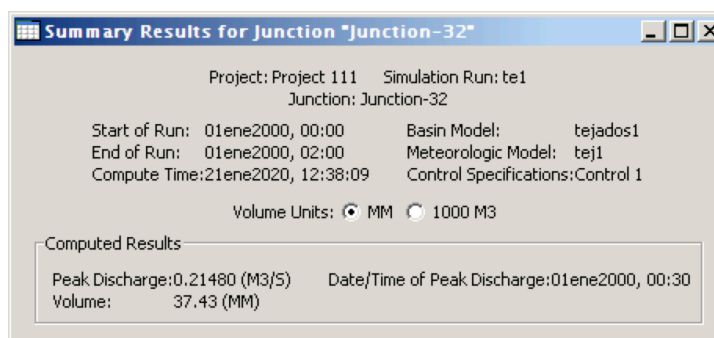


ILUSTRACIÓN 3.10 DATOS ESTADO ACTUAL SALIENTE DE TEJADOS 1

TEJADOS 2

En el caso de los TEJADOS 2, su caudal punta es de $0.24544 \text{ m}^3/\text{s}$ que se alcanza en el minuto 34, y su volumen de escorrentía es de 32.81mm.

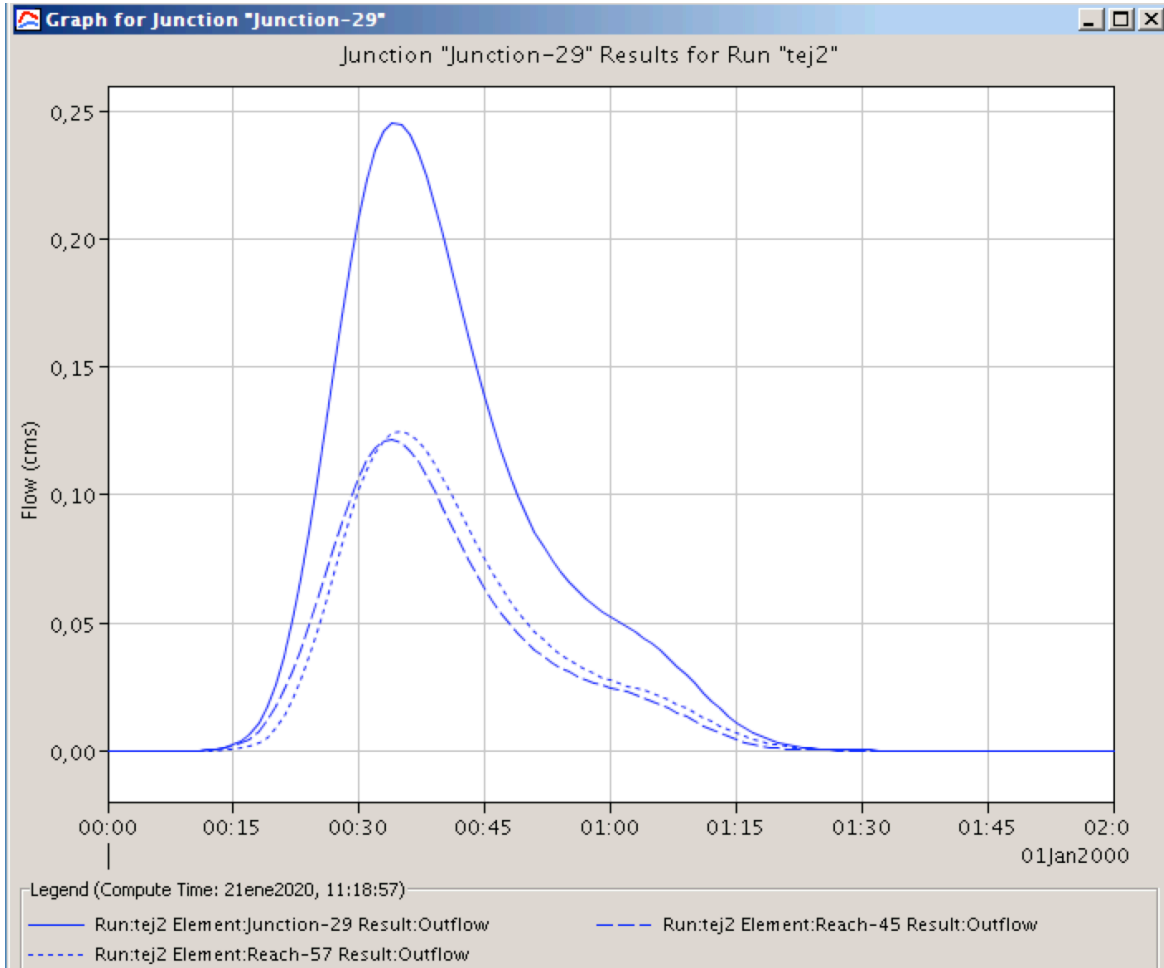


ILUSTRACIÓN 3.11 HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS, CUENCA TEJADOS 2

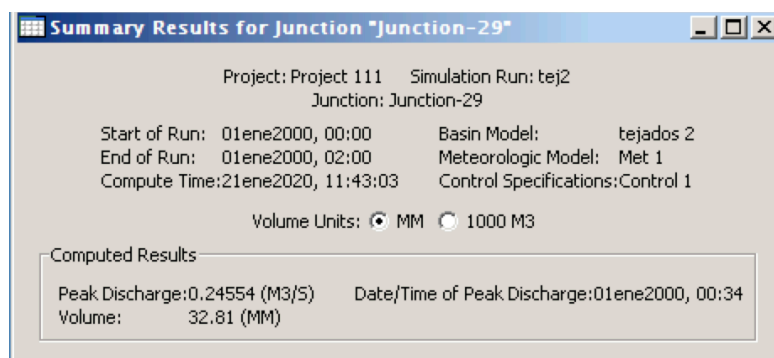


ILUSTRACIÓN 3.12 DATOS ESTADO ACTUAL SALIENTE DE TEJADOS 2

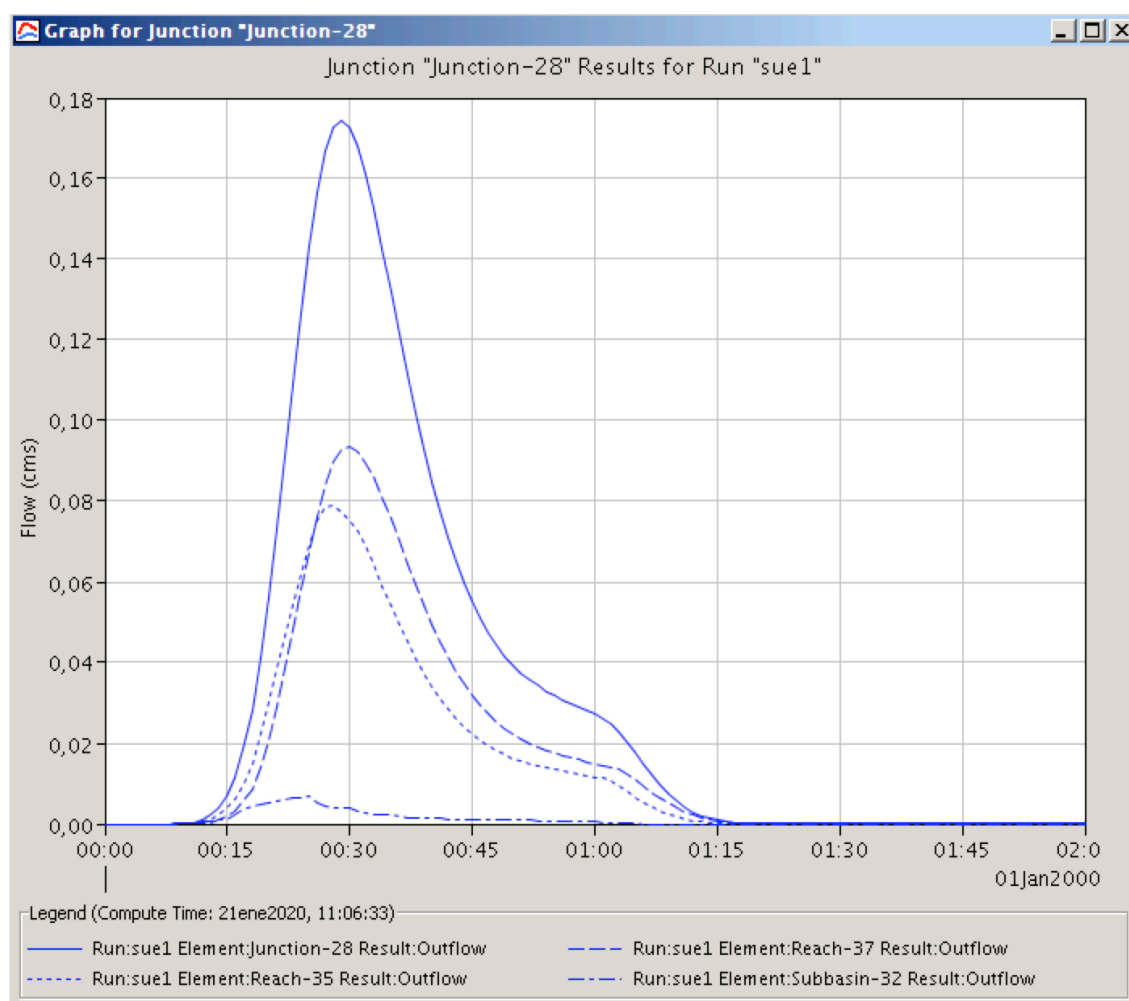
SUELOS 1

ILUSTRACIÓN 3.13 HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS,
CUENCA SUELOS 1

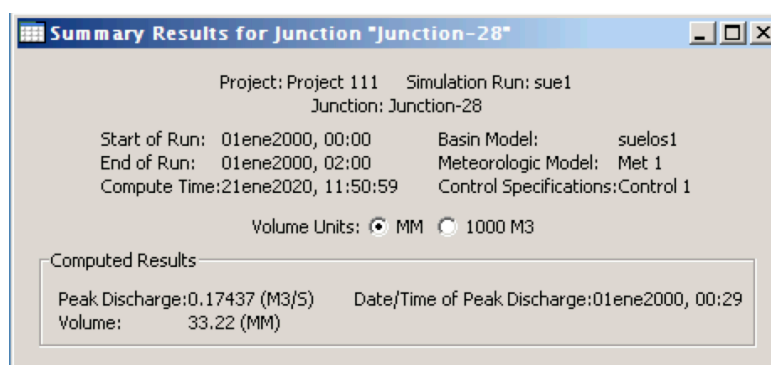


ILUSTRACIÓN 3.14 DATOS ACTUAL SALIENTE SUELOS1

Los SUELOS 1, tienen un caudal punta menor que los tejados 1 y también tienen un menor volumen de escorrentía, aún teniendo áreas superficiales muy parecidas. Los SUELOS 1 tienen un volumen de 32.22mm y un caudal punta de $0.17437 \text{ m}^3/\text{s}$ que ocurre en el minuto 29.

SUELOS2

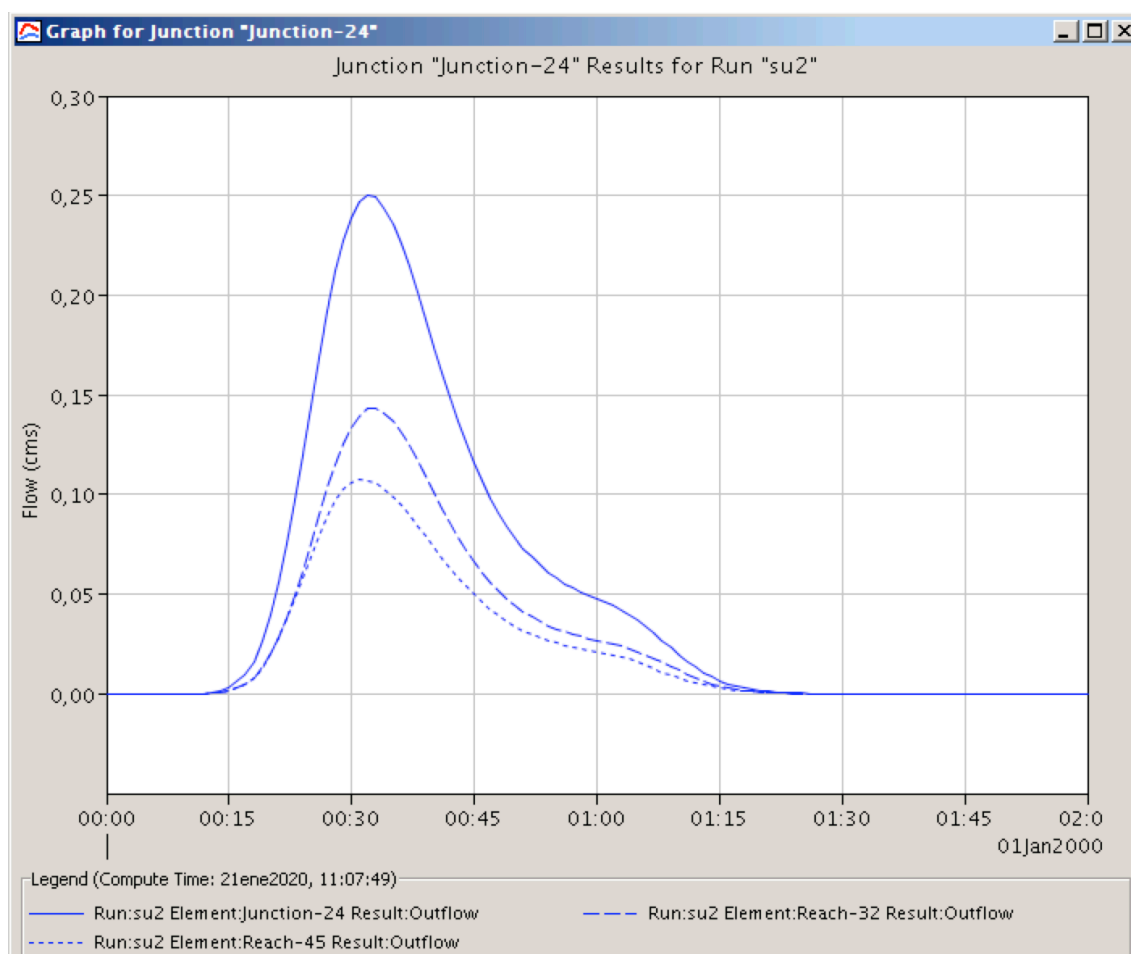


ILUSTRACIÓN 3.15 HIDROGRAMA DE SITUACIÓN ACTUAL DEL CAMPUS, CUENCA SUELOS 2

Los SUELOS 2 tienen un caudal punta de $0.25009 \text{ m}^3/\text{s}$ en el minuto 32 y un volumen de escorrentía de 32.33 mm. Tiene el mismo volumen de escorrentía que los SUELOS 1 pero un caudal punta mayor. De todas las cuencas generadas los TEJADOS 1 son los que generan más volumen de escorrentía y los SUELOS 2 el que tiene un caudal punta más elevado.

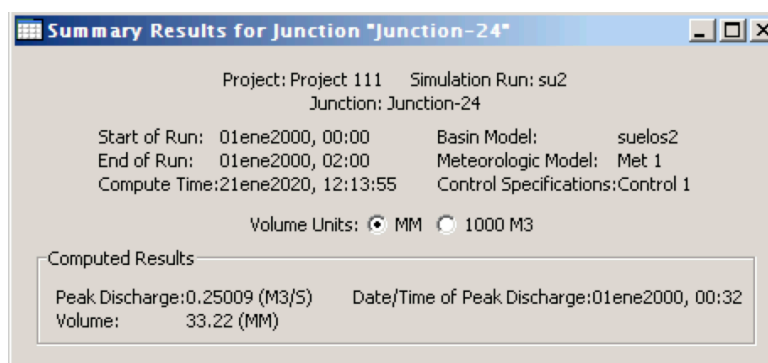


ILUSTRACIÓN 3.16 DATOS ACTUAL SALIENTE SUELOS2

Éstos son los hidrogramas de las cuencas creadas del campus en el estado actual, con una lluvia de sintética de 10 años de periodo de retorno. Se observa que los volúmenes rondan los $33\text{l}/\text{m}^2$ mientras que los picos de caudales están entre el $0.18\text{ m}^3/\text{s}$ y los $0.25\text{m}^3/\text{s}$. En todas las cuencas, el pico máximo de caudal se produce cerca de la media hora. A la espera de los resultados que se obtendrán con un modelo aplicando SUDS, este sería el comportamiento hidrológico del campus tal y como está actualmente.

4.SUDS POTENCIALMENTE APLICABLES AL CAMPUS

Hasta ahora se ha explicado donde se pretende enfocar el área del estudio de este proyecto que es el Campus Nord, y la creación de un modelo hidrológico mediante el uso del programa HEC-HMS. Se ha visto los volúmenes de escorrentía y los caudales punta que se pueden generar con una lluvia de proyecto con un periodo de retorno de 10 años con el modelo actual del campus. Toda la lluvia de escorrentía proyectada se drenaría a el sistema de saneamiento, desaprovechándola y perdiendo su valor. Con el fin de conseguir los objetivos planificados de este proyecto, se analizarán distintos Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible para posteriormente deliberar cuales son potencialmente aplicables al Campus. Una vez efectuado el análisis de los diferentes sistemas, se elaborará una propuesta de aplicación al Campus Nord de los diferentes sistemas que razonadamente se crean ideales para cumplir los objetivos planteados. Se tendrán en cuenta principalmente aspectos hidrológicos, económicos, estéticos, espaciales y estructurales. El campus tiene una estética definida, por tanto, es importante no romper ésta estética. Además para poder aplicar ciertos SUDS se requiere de áreas amplias, y en el campus el espacio que existe entre edificios no es muy amplio, echo que nos reduce opciones. Por otro lado, el aspecto económico también es muy importante, ya que se intentará proponer algún sistema que sea de bajo coste o al menos intentar el menor coste posible. Finalmente, el aspecto más importante a tener en cuenta es el hidrológico.

A continuación se irán exponiendo diferentes SUDS, realizando una explicación mas exhaustiva de esos sistemas que se crean aplicables. Por el contrario, aquellos sistemas que no se crean adheribles, no se indagará mucho en su información.

4.1 Green roofs (cubiertas vegetales o techos verdes)

Los techos verdes son áreas de vegetación instaladas en la parte superior de los edificios, con la intención de obtener beneficios en cuanto a reducciones de escorrentía de las aguas superficiales, obtener beneficios estéticos, ecológicos y rendimiento general del edificio. Podemos dividir este tipo de sistema en dos, los techos extensos y los intensos.¹⁷

- Techos extensos, se caracterizan por tener una profundidad baja de sustrato, lo que repercute en una baja carga extra a la estructura del edificio. Se trata de techos con vegetación simple sin requerimiento de altos costes de mantenimiento. La vegetación que normalmente cubren los techos extensivos son plantas de crecimiento lento, resistentes y de bajo mantenimiento como sería el caso de las hierbas. Solo se accede para el mantenimiento, que es mucho menor que los techos intensivos y su crecimiento generalmente comprenden un grosor de 20-150mm.
- Los techos intensivos a diferencia de los extensivos tienen una mayor profundidad de sustrato. Esto se ve reflejado con una mayor carga estructural al edificio. Pueden albergar y están diseñados para soportar una gran variedad de vegetación pero requieren de un mayor mantenimiento. Que los techos intensivos incluyan una mayor vegetación hace que favorezca a la biodiversidad. Los techos intensivos tienen un con un medio de crecimiento mayor a 150 mm.

Hay una tercera alternativa a estos techos que son los techos semiintensivos, que tienen unas profundidades de sustrato de 100–200 mm, y incluyen características de techos extensivos e intensivos

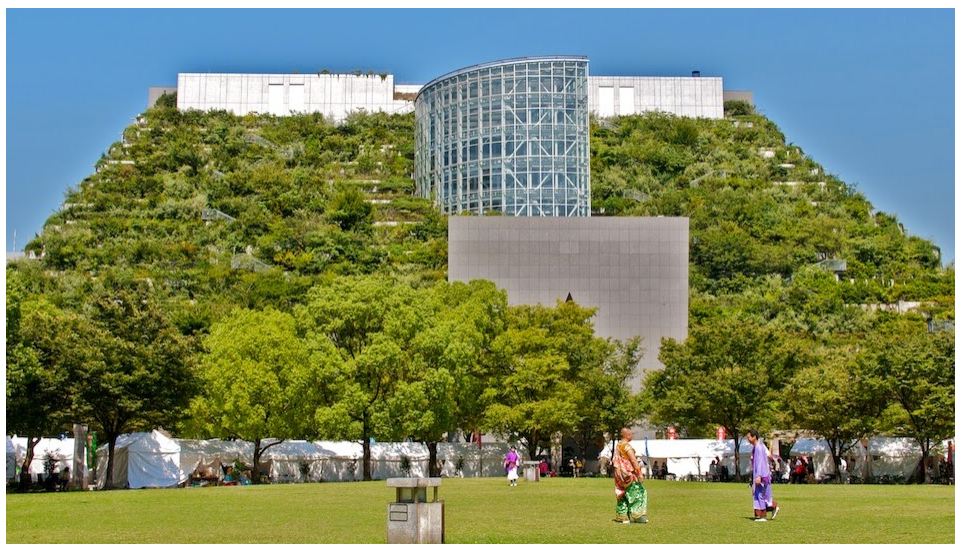


ILUSTRACIÓN 4.1 *TECHO INTENSIVO*

¹⁷ The Suds Manual, publicado por CIRIA



ILUSTRACIÓN 4.2 TECHO EXTENSIVO

Algunas de las ventajas que las cubiertas vegetales tienen, sería por ejemplo que mejoran el rendimiento térmico del edificio. Hacen de aislante térmico, lo que favorece a la reducción de los costos energéticos del interior de los edificios. Además reduce el efecto isla de calor así como favorece la calidad ambiental.

A parte de ser un aislante térmico, también lo es acústico. Absorbe el sonido tanto del exterior como del interior, por tanto podemos decir que favorece a la habitabilidad ya que se transforma en un ambiente más calmado. Con los techos verdes se incrementa la biodiversidad, protege contra la erosión y se comporta como una capa anti-incendio natural. Por último, los techos verdes son reductores de picos y volúmenes de escorrentía.¹⁸

Una vez visto los beneficios de los techos verdes hay algunos aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar una cubierta vegetal: Los techos verdes actúan un poco como las superficies permeables, sobretudo los techos intrusivos que tienen una mayor profundidad de sustrato, aunque por lo contrario los incentivos no tienen tanta capacidad de infiltración, por lo que solo son capaces de absorber ciertas lluvias ligeras, siendo por este motivo, importante tener en cuenta el diseño hidráulico. Se debe tener en cuenta el drenaje de los tejados en caso de que la cubierta vegetal no sea capaz de infiltrar i retener toda la lluvia que recibe. Siempre será necesario descargar todo el exceso de agua al sistema de drenaje. Por tanto, se debe considerar dos aspectos, primeramente se deberá observar la actitud del techo ante una lluvia de alta intensidad y luego como funciona anualmente el techo, es decir, que tendencia tendrá el techo con el resto de eventos de lluvia del año.

Por último, mencionar que este tipo de cubiertas pueden suponer un aumento en el presupuesto de la construcción (obviando que el presupuesto de mantenimiento también será mayor), especialmente en el apartado estructural. Este tipo de cubiertas, podría ser un sistema

¹⁸ greenroofs.org

que el campus podría adherir. Tiene varias ventajas como ya hemos comentado. Sus inconvenientes son las cargas extras que aporta a la estructura, normalmente varían entre 0.7–5.0 kN/m², aunque pueden llegar hasta los 10kN/m² en el caso de las cubiertas intensivas. Otro de sus inconvenientes es su alto coste tanto de construcción como lo sería de mantenimiento, aumentando más el coste de mantenimiento del esto actual del campus. Aún así, es un sistema válido para el campus.

4.2 Sistema de captación de agua pluvial (rainwater harvesting)¹⁹

Los sistemas de captaciones de aguas pluviales son aquellos sistemas que recolectan la escorrentía de los techos de los edificios para su uso posterior. El agua se recoge en los tejados u otras partes impermeables del edificio, se conduce mediante bajantes para su almacenamiento en un tanque, para posteriormente tratarse y luego para usarse. Esta agua recolectada se puede usar como suministro de agua para propiedades domésticas, comerciales o industriales lo que se suele denominar aguas grises. En la entrada del depósito se coloca un filtro para evitar suciedades.

Podemos distinguir dos tipos de sistemas: de gravedad o por bombeo.

- De gravedad: están diseñados para que el agua de lluvia sea recolectada por el efecto de la gravedad y posteriormente ser almacenada en una cierta elevación, para que se pueda suministrar posteriormente por gravedad.

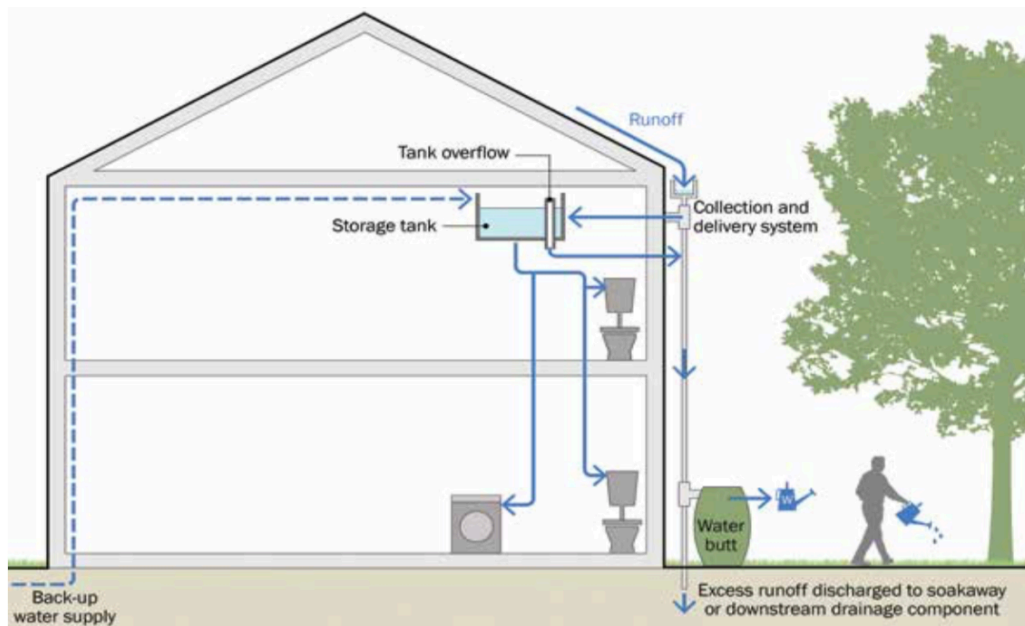


ILUSTRACIÓN 4.3 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL POR GRAVEDAD²⁰

¹⁹ The SUDS manual, CIRIA

²⁰ The SUDS Manual

- Por bombeo: Son los más comunes. Tienden a almacenar el agua bajo tierra o al nivel del suelo y luego se bombea para su suministro. Dentro de este tipo de sistemas, encontramos los que bombean a un depósito superior, o los que bombean directamente a las viviendas en el edificio, como podría ser un baño.

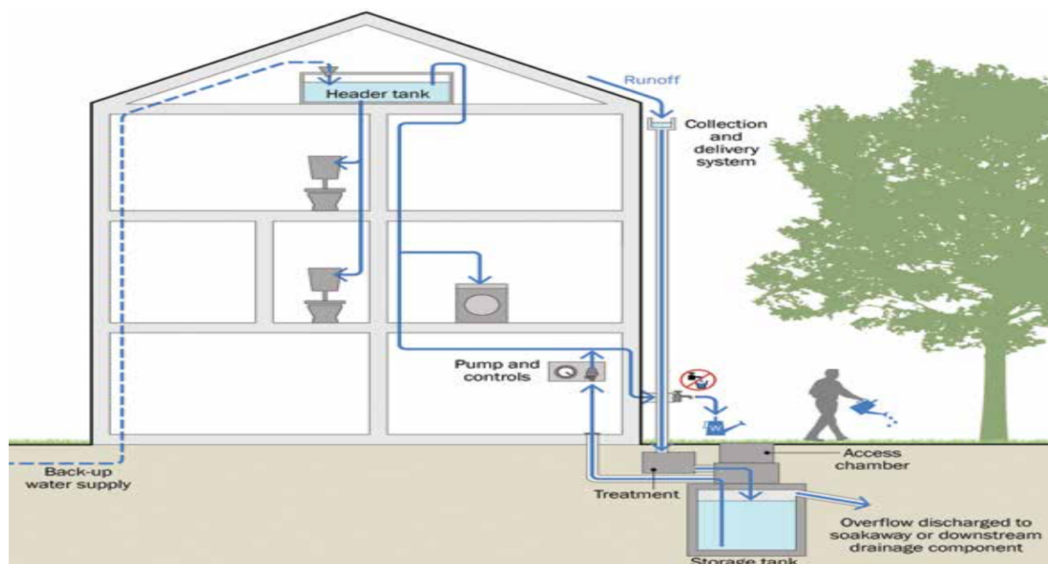


ILUSTRACIÓN 4.4 SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL POR SISTEMA DE BOMBEO

Hay algunos aspectos de éste sistema a tener en cuenta, como puede ser la presencia de contaminantes en la escorrentía recolectada. Es importante ya que dependiendo de la calidad del agua recolectada, después su uso puede no ser apto para ciertos suministros, por lo que el uso del agua dependerá de la calidad del agua. También se debe hacer énfasis en el dimensionamiento del tanque de agua. Éste se debe dimensionar en función de la demanda de agua no potable, la regularidad de la demanda, el área que contribuye a la escorrentía del tanque, el tipo de clima local y sus características climatológicas. Otra consideración a tener en cuenta, es una vez dimensionado el tanque si se quiere instalar bajo tierra, se debe tener en cuenta las consideraciones estructurales, ya que se instalará cerca del edificio y se debe mostrar atención tanto a la profundidad de los cimientos, la impermeabilidad de la instalación ante posibles desbordamientos o la presencia de servicios subterráneos.

Las ventajas de éste tipo de sistema de recolección de aguas pluviales serían por ejemplo que favorece al ahorro de consumo del suministro de agua, reduciendo así la demanda de agua en los hogares y reducen la explotación de los mantos freáticos y de las fuentes superficiales. El hecho de almacenar agua para un uso posterior significa usar un recurso gratuito y ecológico, por lo que se contribuye a la sostenibilidad y se protege al medio ambiente, además de disponer de este recurso en periodos de restricciones y/o prohibiciones. Además, reducen los volúmenes de escorrentía.

Por el contrario, el agua captada no es potable, por tanto debe ser tratada. La mayor desventaja de este tipo de sistemas es que se requiere una mayor inversión económica para su aplicación.

Este sistema podría ser útil para la instalación al campus, conseguiría cumplir los objetivos de este proyecto, aun que en caso de instalar un sistema de gravedad atacaría la estética de el campus. En caso de querer instalar un sistema de bombeo, se debería tomar medidas estructurales, así que según los criterios de selección, se deberán buscar otras alternativas. Podría ser usado aun que sería una gran inversión económica.

4.3 Franjas filtrantes (filter strips)

Las franjas filtrantes son unas superficies cubiertas de hierba u otra vegetación densa uniformemente graduadas y con una pendiente pequeña, provocando un flujo lento de escorrentía superficial, así promoviendo la sedimentación, filtración e infiltración.

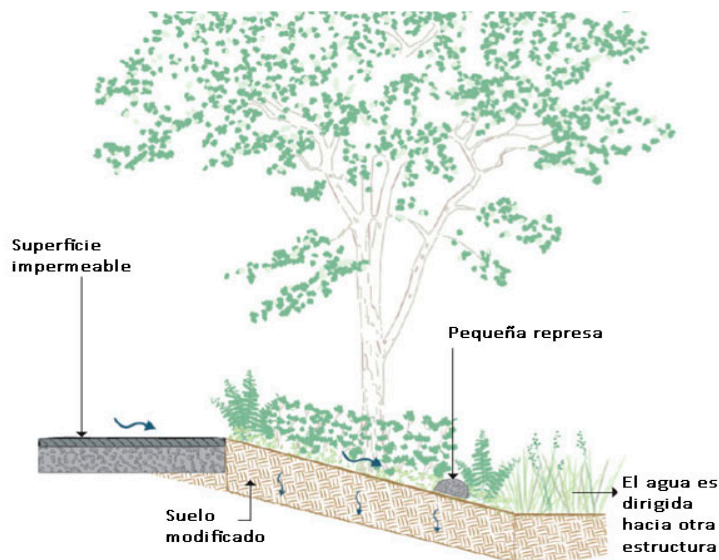


ILUSTRACIÓN 4.5 SECCIÓN DE UNA FRANJA FILTRANTE

Este tipo de sistema lo descartamos directamente puesto que reducen los volúmenes de escorrentía, no lo hacen de una forma significativa, además de que es inviable aplicarlos en los tejados y difícilmente en los suelos ya que no hay espacio en el campus donde implementarlo.

4.4 Drenes filtrantes (filter drains)

Los drenes filtrantes son zanjas poco profundas recubiertas de geotextil y rellenas de material filtrante, en el que suele haber un conducto inferior de transporte. Están diseñadas para captar, almacenar temporalmente y filtrar la escorrentía de superficies impermeables transportándolas hacia aguas abajo. El sistema consiste en captar el agua de la superficie y almacenarla el tiempo necesaria para que esta se infiltre. Una vez el agua esté infiltrada, el sistema debe tener una tubería perforada cerca de la base de drenaje del filtro para poder recoger y transportar el agua excedente a los servicios de drenaje aguas abajo.

Este tipo de sistema tampoco es idóneo para su instalación en el campus, ya que requiere que una vez captada el agua de la superficie, el tiempo de estancia del agua en el dren debe ser suficientemente alto y la velocidad del agua suficientemente lento para que exista infiltración a

través del textil. En este caso, el campus tiene una pendiente pronunciada, y la velocidad por la que circula el agua por sus pendientes es alta, lo que no le hace apta en este sentido. Las zonas del campus donde no hay una pendiente pronunciada ya esta ocupada por parterres o árboles por lo que se buscará una solución alternativa. Además, uno de los propósitos de este sistema es que la zanja sea lo suficientemente larga para que esta sea capaz de infiltrar con totalidad el agua, así no sería necesario dirigir el agua hasta el punto de vertido, por lo que nos volvemos a topar con el mismo problema de espacio.

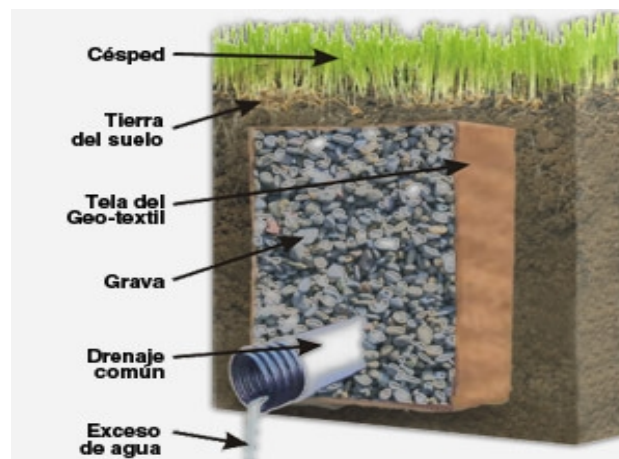


ILUSTRACIÓN 4.6 SECCIÓN DE UN DREN FILTRANTE

4.5 Cunetas Verdes o Vegetadas (Swales)

Las cunetas verdes son canales abiertos poco profundos, con vegetación, largas y poco profundas, con una pequeña pendiente longitudinal, diseñados para transportar, tratar, almacenar y a menudo atenuar la escorrentía de las aguas superficiales. Este sistema es otro caso que desestimamos, ya son estructuras lineales y largas lo que le compromete a su instalación por la poca disponibilidad de espacio del campus, además de que en caso de ser instalado sería poco útil ya que, igual que en el caso anterior, requiere de unas velocidades de escorrentía inferiores a 1 o 2 m/s, es decir velocidades pequeñas y probablemente en el caso del campus, no se cumpla.

4.6 Sistemas de biorretención(bioretention systems)²¹

Los sistemas de biorretención también conocidos como jardines de lluvia, son unos de los dispositivos más usados para el manejo de las aguas de escorrentía. Consisten en depresiones poco profundas rellenas de material filtrante y con cobertura vegetal que estos cumplen su principal propósito que es eliminar una amplia gama de contaminantes de la escorrentía de aguas pluviales. También se pueden usar para reducir las tasas máximas de escorrentía y aumentar la infiltración de aguas pluviales.

²¹ The SUDS manual, CIRIA

La estructura de este sistema consiste en una capa de almacenamiento que es donde la escorrentía recogida se almacena temporalmente para luego ser infiltrada. En esta capa se concentra toda la cobertura vegetal. Cuando el agua pasa por el medio filtrante (primera capa posterior a la de almacenamiento), es cuando ocurren los mecanismos de extracción de contaminantes. Seguidamente disponen de una capa de transición integrada por arena para finalmente disponer de una capa de drenaje en la base constituida por grava. En esta capa de drenaje se debe instalar una tubería de drenaje para expulsar toda el agua filtrada hasta dicha capa. Aunque si las condiciones del sitio lo permiten, se infiltra total o parcialmente en el suelo circundante sin tener la necesidad de usar el sistema de drenaje subterráneo.

Parte del volumen de escorrentía se eliminará mediante evaporación y transpiración de la planta.

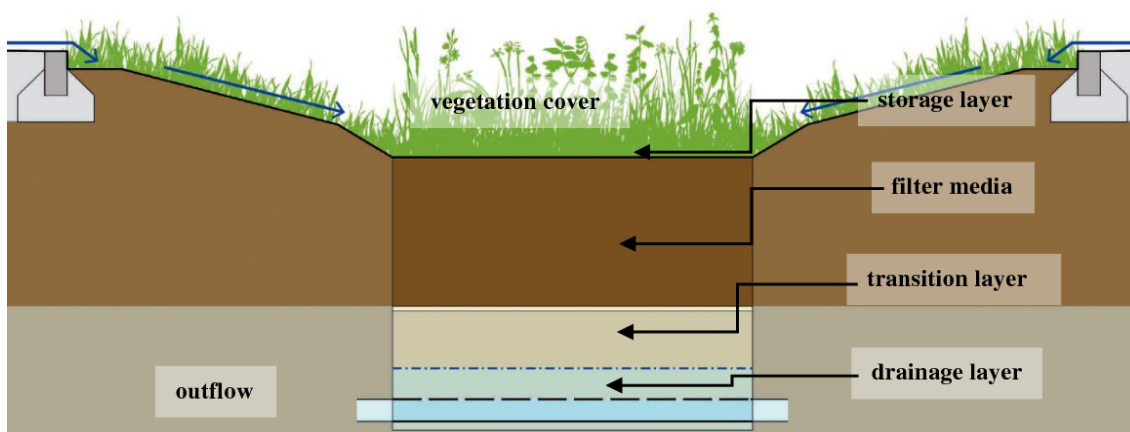


ILUSTRACIÓN 4.7 SECCIÓN DE UN JARDÍN DE LLUVIA

Los parámetros de diseño básicos para los sistemas de biorretención son su volumen de almacenamiento, el grosor, el carácter y la tasa de permeabilidad del suelo, y la capacidad hidráulica de su drenaje o la permeabilidad de su subsuelo. El sistema debe tener un volumen de almacenamiento suficiente sobre la superficie de el lecho para contener el volumen de escorrentía de tormenta de diseño sin desbordamiento. El grosor y el carácter del lecho en sí deben proporcionar una eliminación adecuada de contaminantes, mientras que la tasa de permeabilidad del lecho debe ser suficiente para drenar la escorrentía almacenada en 72 horas.

El principal beneficio hidráulico del uso de sistemas de biorretención es proporcionar intercepción. Sin embargo, el almacenamiento de atenuación en la superficie o dentro de la capa de drenaje se puede utilizar para ayudar a gestionar las tasas de escorrentía. Cuando se producen eventos de lluvia con una gran intensidad y por tanto una alteración en las velocidades de diseño, como puede ser que el sistema sea incapaz de infiltrar toda el agua que recibe, en estos casos puede ser más conveniente instalar un desbordamiento o un sumidero para pasar la escorrentía a los sistemas de drenaje aguas abajo.

Otra ventaja de este tipo de sistema es que estéticamente son atractivas. El hecho de que tenga una cobertura vegetal le da la opción de plantar plantas que sean atractivas para el entorno. Como se ha comentado, es un buen sistema interceptor, consecuentemente es un buen

combatiente del efecto ‘isla de calor’. Al no drenar el agua con rapidez, hace que el agua almacenada refresque el ambiente. Son sistemas que favorecen al hábitat y a la biodiversidad. También son un componente de gestión de aguas superficiales muy flexibles, lo que le permite integrarse en una amplia variedad de paisajes, sitios y utilizando todo tipo de formas, dimensiones, materiales o utilizando cualquier tipo de plantación.

Por último, son componentes que reducen la escorrentía. Son idóneos para su instalación cerca de superficies impermeables como podrían ser los techos. Una de las formas que adopta este tipo de sistema es precisamente la instalación de zonas de biorretención cerca de los edificios, que se conectan mediante bajantes. Drenan el agua de escorrentía en los tejados u otras zonas impermeables del edificio mediante bajantes hasta la zona de biorretención. Existen muchas variaciones diferentes del sistema de biorretención, a continuación se explicarán algunos ejemplos:

4.6.1 JARDÍN DE LLUVIA

Los jardines de lluvia son áreas excavadas a poca profundidad que contienen vegetación con el fin de recolectar el agua pluvial de superficies impermeables adjuntas a el mismo jardín, como por ejemplo los techos.

En los jardines de lluvia simples, las capas de filtro y drenaje generalmente se reemplazan por una capa delgada (200–500 mm) de composta con arena o mezclas de suelo específicas. Por lo general, tienen un flujo de entrada simple donde el agua de lluvia ingresa al jardín y tienen una profundidad máxima de agua estancada de 150 mm, aunque se puede tolerar profundidades de 200mm . En caso de desbordamiento o exceso de agua, se les puede aplicar un aliviadero o sumidero por donde se expulsa el agua excedente. Aliviadero donde el caudal de salida de calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{2}{3} C_d b \sqrt{2gh}^{3/2}$$

Donde C_d es el coeficiente de desagüe, b es el ancho de la parte superior del aliviadero por lo que si se trata de un tubo $b = 2\pi r$. La gravedad se expresa como g y la altura de lamina se expresa como h .

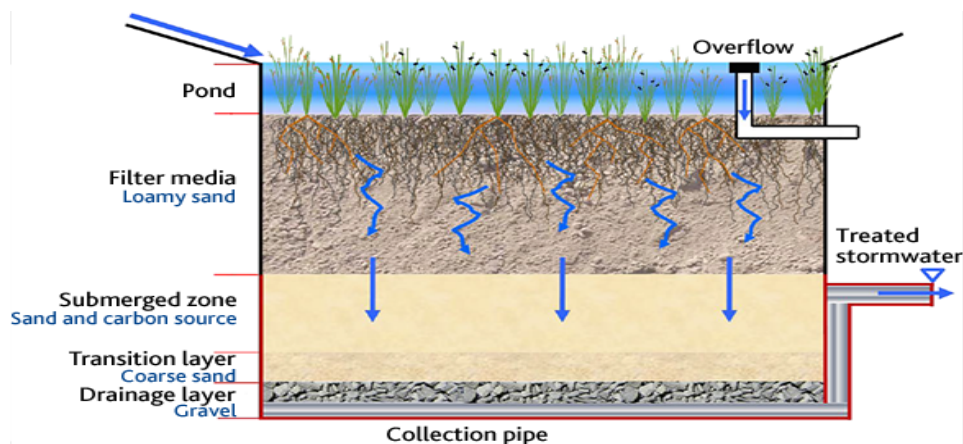


ILUSTRACIÓN 4.8 SECCIÓN DE UN JARDÍN DE LLUVIA CON UN ALIVIADERO

4.6.2 MACETAS ELEVADAS (RAISED PLANTER):

Estos son sistemas en caja (que pueden ser prefabricados) contruidos sobre la superficie del suelo circundante, con una mezcla de tierra plantada y un desagüe para recoger el agua filtrada. A menudo se utilizan para gestionar la escorrentía de los techos adyacentes, y este tipo de sistema es útil para la adaptación en situaciones urbanas. Este tipo de sistemas normalmente no se usan como sistemas de infiltración.



ILUSTRACIÓN 4.9 EJEMPLO DE UNA JARDÍN/MACETA ELEVADA

4.6.3 POZOS DE ÁRBOLES DE BIORRETENCIÓN:

Son sistemas en el que se emplean árboles y arbustos con la finalidad de interceptar la precipitación y permitir que el agua se evapore de las superficies de las hojas. También facilitan la infiltración y la recarga del agua subterránea. Estéticamente son atractivos y aportan beneficios para la biodiversidad.

Una de sus modalidades es el denominado sumidero de tipo alcorque inundable. Es un elemento que está formado por un alcorque que se inunda con el agua de lluvia y que se filtra a través de un sistema de capas granulares. El agua se puede almacenar para un uso posterior como el riego o se puede evacuar por medio de tuberías perforadas colocada en el lecho del alcorque siendo así un sistema de apoyo para la captación de agua.



ILUSTRACIÓN 4.10 SECCIÓN EJEMPLO DE UN SUMIDERO DE TIPO ALCORQUE INUNDABLE

4.6.4 BIORRETENCIÓN TIPO “SWALES”:

Son sistemas que están compuestos de un curso de drenaje con lados suavemente inclinados y rellenos de vegetación. Es un elemento que se basa en su longitud, es bastante largo y por lo tanto se maximiza el tiempo en el que el agua permanece en el sistema y quedan atrapados contaminantes y sedimentos. Igual que el sistema de cunetas verdes (swales) este sistema no se usará.

En este caso, los sistemas de biorretención si que son sistemas aplicables al campus, sobretodo los jardines de lluvia o macetas elevadas que podrían servir para reducir los volúmenes de escorrentía de los tejados. Una posibilidad podría ser adaptar los parterres ya existentes para que sean capaces de almacenar todo el volumen de escorrentía y desviar el bajante de los tejados hacia los parterres creando así un jardín de lluvia.

4.7 Tanques de almacenamiento²²

Los tanques de almacenamiento son depresiones en el suelo que se diseñan para almacenar e infiltrar gradualmente la escorrentía generada en las superficies adyacentes. El principal objetivo de este sistema es la transformación del agua superficial a agua subterránea, eliminando los contaminantes que contengan mediante la infiltración de el proceso.

No se utilizará este sistema ya que se requiere una área amplia y plana para su ejecución, y el campus carece de ello.

4.8 Depositos de retención (detention basins)²³

Los depósitos de retención, consisten en unas depresiones ajardinadas que se han diseñado para almacenar temporalmente la escorrentía generada aguas arriba. Ayudan a la reducción de contaminantes mediante la sedimentación. Son depósitos que suelen estar secos, excepto durante o poco después de tormentas. Una vez finaliza la tormenta o el evento de lluvia, se libera a la red el volumen de agua retenido.

Los depósitos de retención tampoco son un sistema que se plantee aplicar al campus, primeramente porque para que tenga un correcto funcionamiento necesita una área suele ser grande además de ser muy costoso, es decir que nos encontramos con el mismo problema de espacio. Además no suelen ser estéticamente atractivos, pues puede que se requiera un sistema de lo que encarecería bastante el proyecto.

4.9 Humedales superficiales

Los humedales son superficies con poca profundidad y con una gran densidad de vegetación. Su principal función es el control de la calidad de agua (gran efectividad), pero además sirven también como controladores de volúmenes de escorrentía. Su densidad vegetal hace que los

²² Sudssostenible.com

²³ Sudssostenible.com

niveles de bioeliminación sean tan altos. Pueden soportar vegetación acuática emergente y sumergida a lo largo de su costa y en zonas poco profundas y pantanosas (humedales), lo que ayuda a mejorar los procesos de tratamiento y tiene beneficios de amenidad y biodiversidad. Pero para eso es importante que siempre fluya un flujo de agua para impedir que la vida de flora y la fauna mueran en el humedal.

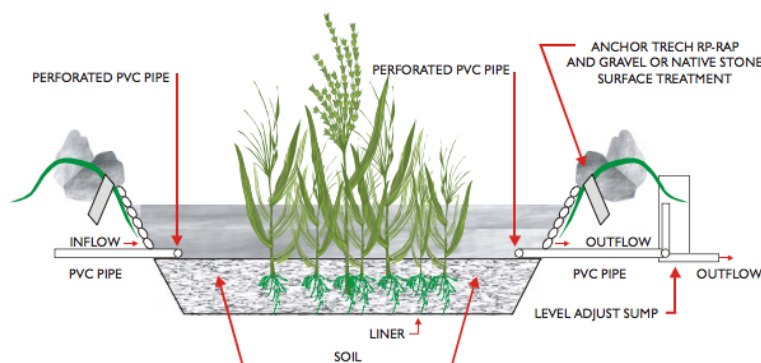


ILUSTRACIÓN 4.11 EJEMPLO DE UN HUMEDAL SUPERFICIAL

Este sistema no lo aplicaremos al campus, ya que requiere de una elevada ocupación del suelo, no es un gran reductor de escorrentía y tampoco son convenientes en sitios con pendientes como es el caso del campus.

4.10 Pavimentos permeables²⁴

Los pavimentos permeables son superficies que permiten la filtración del agua a su través, abriendo la posibilidad a que ésta se infiltre en el terreno pudiendo recargar los acuíferos, o bien siendo captada y retenida en capas sub-superficiales para su posterior reutilización o evacuación. Al mismo tiempo estos pavimentos proporcionan un pavimento adecuado para el tránsito de peatones y vehículos. Son un sistema que gestionan la escorrentía del agua, interceptan la escorrentía, reducen el volumen y proporcionan un tratamiento de forma eficiente. Con este sistema, como ya se ha comentado, reduce los caudales punta pero además mejorara la calidad del agua debido a la eliminación de aceites, grasas, metales o otros solidos en suspensión presentes que el agua de lluvia transporta después de arrastrarlos del pavimento.

Para ser capaces de gestionar adecuadamente los episodios extraordinarios de precipitación que superan el periodo de retorno para el que han sido diseñados, es necesario que se disponga de

²⁴ Hernández Rodríguez, Jorge. 2008. Estudio, análisis y diseño de secciones de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráficos ligeros. Santander : Tesis Doctoral, 2008.

un aliviadero perimetral que sea capaz de disipar el flujo de agua excedente, y conducirlo hacia el sistema de drenaje convencional, o hacia otro SUDS.

Los pavimentos permeables tienen varias ventajas. Ya sabemos que reducen los picos del caudal y que reducen los efectos de la contaminación en el agua de escorrentía. Pero a parte de estas ventajas tiene otras. Una de estas ventajas es que los pavimentos permeables son unos como sistemas que son flexible en cuanto a diseño y tipología, por ejemplo tiene tres sistemas distintos de gestión de agua debajo de la superficie de los pavimentos permeables. El tipo A que es un sistema que toda la lluvia infiltrada pasa ala subestructura. El tipo B que una proporción de la lluvia de escorrentía que se infiltra, fluye hacia el sistema de drenaje receptor. Por último el tipo C que no hay infiltración ya que el sistema está envuelto en una membrana impermeable y flexible colocada sobre el subsuelo. Una vez el agua es filtrada se traslada a la salida.

Otra de las ventajas de estos sistemas es que reducen la necesidad de realizar excavaciones profundas para colocar sistemas de drenaje. Aparte, son bien vistos por la comunidad y la disminución de la escorrentía favorece a la seguridad del tráfico que circula por estas superficies, ya que impide la formación de acumulación de agua que reducen la adherencia de los neumáticos.

Pero por otro lado tiene inconvenientes como que necesitan mantenimiento, si no existe el riesgo de crecimiento de malas hierbas. Además de no se suelen utilizar en carreteras con trafico elevado, pero eso en este proyecto no influye.

En cuanto a la clasificación de los pavimentos permeables, se pueden clasificar de muchas formas, pero analizando los distintos tipos posibles de firmes permeables, estos se pueden clasificar en dos categorías:

Los pavimentos permeables discontinuos se definen como aquellos formados por elementos o materiales impermeables que permiten la infiltración del agua a través de huecos, espacios o ranuras de la superficie, asegurando una adecuada capacidad portante. Se incluyen en esta primera categoría los siguientes pavimentos permeables:

- 4.10.1 **El césped reforzado** El césped reforzado utiliza rejillas ya sean de plástico o de hormigón con relleno de césped. Las rejillas de hormigón ofrecen una mayor resistencia a los esfuerzos tangenciales originados por el tráfico, mientras que los refuerzos de plástico permiten un mejor desarrollo de las raíces del césped que protegen. Este tipo de pavimentos se suele usar en aparcamientos para que el césped se pueda recuperar.



ILUSTRACIÓN 4.12 EJEMPLO DE UN CÉSPED REFORZADO EN UNA ZONA DE ESTACIONAMIENTO

- 4.10.2 **Adoquines con ranuras.** Los adoquines con ranuras son bloques prefabricados de hormigón diseñados con una geometría que cuando se disponen unas junto otras, su disposición es permeable por ranuras. Los adoquines tienen una que la superficie final disponga de canales para la infiltración vertical del agua. Estos canales pueden rellenarse con material drenante o dejarse libres. Las juntas o espacios entre adoquines suelen ser mayores cuando van a rellenarse con



material drenante, pudiendo utilizar separadores entre adoquines para facilitar su colocación. Por el contrario, cuando las juntas se dejan libres, el tamaño de las ranuras para la infiltración se minimiza.

ILUSTRACIÓN 4.13 EJEMPLO DE UN PAVIMENTO CON ADOQUINES DE RANURA

Los pavimentos permeables continuos se definen como aquellos formados únicamente por materiales porosos que permiten la infiltración del agua a través de toda la superficie por igual, asegurando una adecuada capacidad portante. En esta categoría están incluidos los pavimentos permeables contruidos con:

- 4.10.3 **Mezcla bituminosa porosa** se trata de una mezcla bituminosa drenante. El tamaño máximo del árido es de 16mm. Se puede usar como una superficie independiente o para proporcionar una base más fuerte a los pavimentos permeables a bloques de concreto donde se debe traficar con frecuencia en camiones. La superficie de asfalto poroso reduce el ruido del tráfico.



ILUSTRACIÓN 4.14 EJEMPLO COMPARATIVO DE UN ASFALTO POROSO CON UN ASFALTO NORMAL

- 4.10.4 **Hormigón poroso** es una alternativa a la mezcla bituminosa porosa, tanto como capa superficial drenante, como pavimento de un firme permeable. Destacan como características fundamentales su estructura porosa dependiente de la granulometría y de la dosificación, el conglomerado y aditivos empleados y el



espesor de la capa. Para que el hormigón sea considerado poroso debe tener un mínimo de 15% de huecos, sin sobrepasar el 25% para evitar problemas de estabilidad

ILUSTRACIÓN 4.15 EJEMPLO DE UN HORMIGÓN POROSO

5 PROPUESTO DE SUDS A IMPLEMENTAR EN EL CAMPUS

En el capítulo anterior se han analizado varios sistemas urbanos de drenaje disponible para su posible aplicación al Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya con el fin de lograr los objetivos de este proyecto. Se ha constatado que todo aquel sistema que requiera de una superficie amplia para su instalación queda descartada ya que prácticamente la mitad de la superficie a estudiar en cuestión, son tejados.

La aplicación de SUDS para la escorrentía generada en los tejados del campus se basan en tres sistemas: tejados verdes, jardines de lluvia o sistemas de retención de aguas pluviales. De los tres posibles sistemas a implementar, el más económico y el más fácil de implementar es el sistema de biorretención. Anteriormente se ha explicado los diferentes subtipos de sistemas de biorretención. Se descartan los sistemas tipo 'swales' y tipo árboles. Viendo el estado actual del campus, se observa que la mayoría de los edificios tienen unos parterres adjuntos a él. Por lo que aprovechando la idea de la instalación de un sistema de biorretención se propone utilizar estos parterres para adaptarlos y convertirlos en unos jardines de lluvia que reciban la escorrentía de los tejados.

5.1 PROPUESTA DE JARDINES DE LLUVIA

Como se acaba de explicar la primera propuesta que se hace para una posible aplicación futura es la de adaptar los parterres del campus adjuntos a los edificios, para luego desviar el bajante de aguas pluviales a los parterres para que estos capten toda la escorrentía generada en los tejados. Es cierto que algunos edificios no tienen ningún parterre adjunto, y es por eso que se propondrá la creación de unos nuevos jardines de lluvia con unas dimensiones parecidas a los parterres ya existentes con tal de mantener la estética de el campus.

Primeramente se deberá hacer un análisis actual de la cantidad de escorrentía que generan los tejados del campus. Esto se ha explicado y se ha expuesto gráficamente en el capítulo 3. Seguidamente se analizan los parterres existentes en el campus, y se comprueba que prácticamente no tienen una capa de almacenamiento como sugieren los jardines de lluvia para que estos sean capaces de posteriormente filtrar el agua almacenada. Así que la primera medida que tomaremos será calcular el volumen de escorrentía que generan los tejados para más tarde dimensionar los parterres para que éstos sean capaces de almacenar toda la lluvia captada.

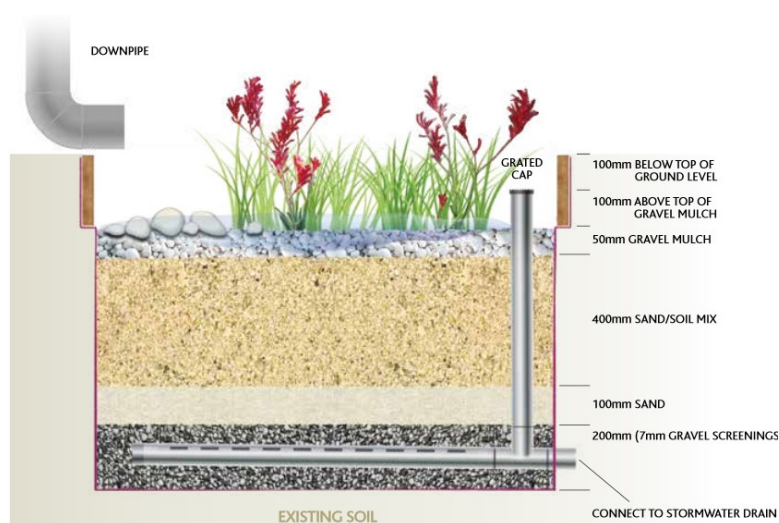


ILUSTRACIÓN 5.1 SECCIÓN DE UN JARDÍN DE LLUVIA CON UN BAJANTE Y UN ALIVIADERO

Lo que se pretende es excavar para hundir todo el parterre, así consiguiendo que la capa de detención sea mayor, que consecuentemente tendrá mayor volumen de almacenamiento.

Con el modelo hidrológico creado y con la lluvia sintética de un periodo de retorno de diez años, se pueden obtener los volúmenes e hidrogramas generados por cada subcuenca con el programa HEC-HMS. Se procuró que cada edificio tuviera por lo menos dos subcuencas, excepto los edificios C1 i D1 que al ser de mayor longitud se dividen en más subcuencas. Una vez calculados todos los volúmenes de escorrentía por cada subcuenca se dimensionarán los parterres para que sean capaces de almacenar todo el agua.

Primero se calculará qué cantidad de centímetros se deberán excavar para que la capa de almacenamiento tenga la suficiente capacidad para almacenar el agua. Para ello primero calculamos la superficie de cada parterre mediante los planos del campus.

Los primeros resultados son los siguientes:

TABLA 5. 1 TABLA CON LOS CM A EXCAVAR

tejados1						
sub-base		lluvia(cm)	area tejado(cm ²)	volumen de escorrentia(cm ³)	area parterre(cm ²)	Ah(cm) a excavar
sub1		3,734	2148600	8022872,4	679200	11,81
sub3		3,734	1585800	5921377,2	351300	16,86
sub5		3,734	2148600	8022872,4	529200	15,16
sub7		3,734	1585800	5921377,2	485100	12,21
sub9		3,734	1599100	5971039,4	505500	11,81
sub11		3,734	1505000	5619670	475740	11,81
sub13		3,734	1890900	7060620,6	526263	13,42
sub16		3,734	4230100	15795193,4	663000	23,82
sub19		3,734	2057100	7681211,4	656490	11,70
sub21		3,734	1642000	6131228	524010	11,70
sub24		3,734	1119400	4179839,6	675000	6,19
sub30		3,734	2000000	7468000	588000	12,70
sub31		3,734	1935000	7225290	299400	24,13
sub32		3,734	2000000	7468000	231921	32,20
sub33		3,734	1935000	7225290	540000	13,38
sub35		3,734	1642000	6131228	163847,25	37,42

En esta tabla se muestran los centímetros necesarios a excavar para los parterres adjuntos a las cuencas de los TEJADOS 1. La mayoría de los valores son aceptables, siempre y cuando no excedan mucho de los 20cm, como es el caso de la subcuenca 32 y 35, cuya profundidad es de más de 30cm . Treinta cm de excavación aun podrían considerarse válidos, pero esto lo valoraremos más adelante.

Seguidamente se adjunta la misma tabla para las subcuencas de los TEJADOS 2.

TABLA 5. 2 TABLA CON LOS CM A EXCAVAR TEJADOS 2

tejadoss2						
sub-base		lluvia(cm)	area tejado(cm^2)	volumen de escorrentia(cm^3)	area parterre(cm^2)	Ah(cm) a excavar
sub2		3,734	2188200	8170738,8	537000	15,22
sub4		3,734	1570900	5865740,6	271500	21,60
sub6		3,734	2188200	8170738,8	271500	30,09
sub8		3,734	1570900	5865740,6	446700	13,13
sub10		3,734	2188200	8170738,8	667200	12,25
sub12		3,734	1596100	5959837,4	255645	23,31
sub14		3,734	2128200	7946698,8	488100	16,28
sub16		3,734	1596100	5959837,4	513600	11,60
sub17		3,734	2208200	8245418,8	663000	12,44
sub20		3,734	2208200	8245418,8	663000	12,44
sub32		3,734	2128300	7947072,2	661200	12,02
sub33		3,734	1570800	5865367,2	302700	19,38
sub34		3,734	1572800	5872835,2	339300	17,31
sub23		3,734	7870000	29386580	537000	54,72
sub24		3,734	3935000	14693290	555000	26,47
sub28		3,734	4000000	14936000	453300	32,95
sub29		3,734	4000000	14936000	453300	32,95
sub30		3,734	4000000	14936000	453300	32,95
sub31		3,734	4000000	14936000	481801	31,00

En el caso para las subcuencas de los edificios de los TEJADOS 2, se observa que hay menos áreas de parterres a los que derivar toda la lluvia de escorrentía y es por eso que los centímetros a excavar en los parterres aumentan. En varias subcuencas se superan los treinta centímetros de excavación, incluso en alguna otra subcuenca se supera el medio metro. Tener que excavar más de medio metro se aleja de la idoneidad que se busca, por lo que se deberá buscar alguna alternativa. No obstante primero analizaremos la situación del campus imponiendo que sí aceptaríamos tener niveles de excavación tan exagerados.

A continuación se muestra la propuesta de parterres por crear junto a esos edificios que no disponen de un parterre donde derivar el agua de lluvia de sus tejados.

TABLA 5. 3 CM A EXCAVAR NUEVOS PARTERRES

TEJADOS1 PARTERRES POR CREAR					
sub-base	lluvia(cm)	area tejado(cm^2)	volumen de escorrentia(cm^3)	area parterre(cm^2)	Ah(cm) a excavar
sub2	3,734	4267200	15933724,8	679200	23,46
sub4	3,734	3141600	11730734,4	501300	23,40
sub6	3,734	4256400	15893397,6	679200	23,40
sub8	3,734	3141600	11730734,4	485100	24,18
sub10	3,734	3167800	11828565,2	505500	23,40
sub12	3,734	3229200	12057832,8	515100	23,41
sub14	3,734	5399800	20162853,2	861690	23,40
sub16	3,734	2148600	8022872,4	663000	12,10
sub17	3,734	1585800	5921377,2	501300	11,81
sub18	3,734	2148600	8022872,4	529200	15,16
sub20	3,734	1585800	5921377,2	485100	12,21
sub22	3,734	1599100	5971039,4	505500	11,81
sub23	3,734	1505000	5619670	475740	11,81
sub25	3,734	1476400	5512877,6	526263	10,48
sub34	3,734	2057100	7681211,4	656490	11,70
sub35	3,734	1642000	6131228	524010	11,70

Hay algunos casos donde no se propone ninguna opción como es el caso de las subcuencas 26,27,28 y 29 que forman parte de los edificios A. Se descarta la implantación de parterres en esta zona ya que impediría los accesos al porche que existe en estos edificios . Para la cuenca de TEJADOS 2 también hay algunas subcuencas donde no se propone crear nuevos parterres como las subcuencas 21,18,19,27,25 y 26. Algunas de estas subcuencas no se propone porque en las paredes de los edificios hay varias puertas que la creación de los nuevos parterres impediría el

paso a ellas. En otros casos, el simple hecho de que no se disponga de espacio, es lo que impide la creación de nuevos parterres.

A continuación se muestra la zona donde no se propone la creación de nuevos parterres.



ILUSTRACIÓN 5.2 ZONA DEL CAMPUS DONDE NO SE PROPONE LA INSTALACIÓN DE NUEVOS PARTERRES

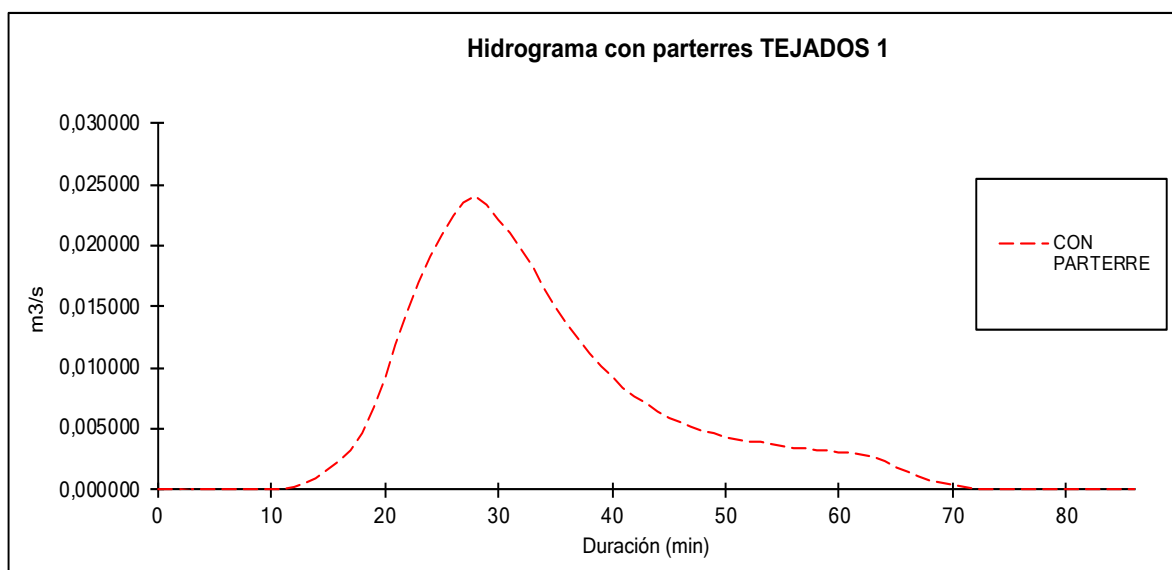
Seguidamente, se procederá a mostrar lo mismo pero para las áreas de los TEJADOS 2.

TABLA 5. 4 NUEVOS PARTERRES POR CREAR

TEJADOS2 PARTERRES POR CREAR					
	lluvia(cm)	area tejado(cm ²)	volumen de escorrentia(cm ³)	area parterre(cm ²)	Ah(cm) a excavar
sub1	3,734	4325200	16150296,8	679194	23,78
sub3	3,734	3192200	11919674,8	501306	23,78
sub5	3,734	4325200	16150296,8	679194	23,78
sub7	3,734	3192200	11919674,8	501306	23,78
sub9	3,734	4325200	16150296,8	679194	23,78
sub11	3,734	3192200	11919674,8	501306	23,78
sub13	3,734	4325200	16150296,8	679194	23,78
sub15	3,734	3192200	11919674,8	501306	23,78
sub35	3,734	2048400	7648725,6	653706	11,70
sub22	3,734	4229943	15794607,16	480000	32,91
sub36	3,734	4229943	15794607,16	365100	43,26

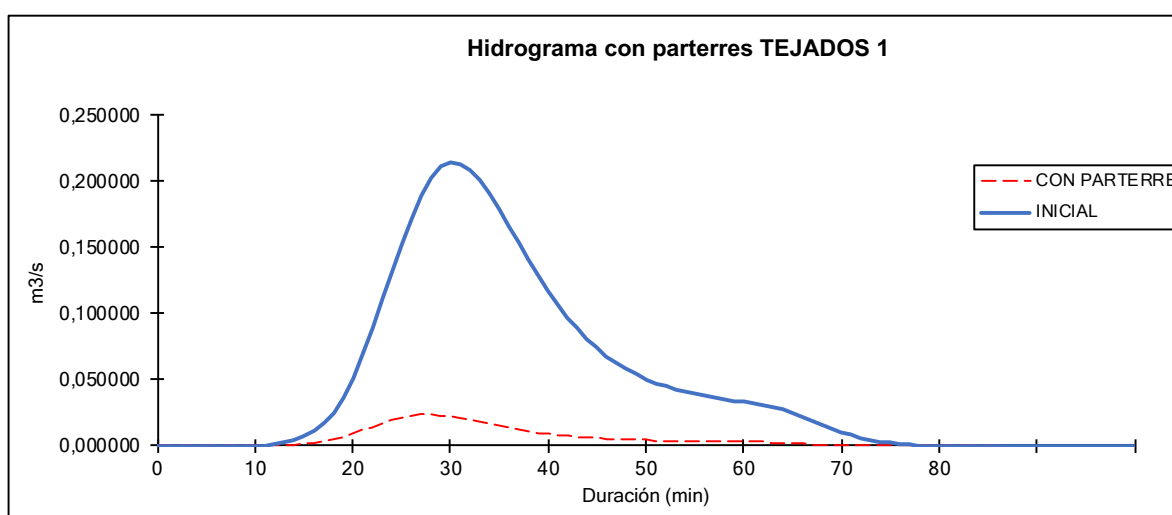
En este caso, solo las subcuencas 22 y 36 se exceden más de lo que se debería excavar.

Hasta ahora se ha dimensionado los parterres como jardines de lluvia que sean capaces de almacenar y retener toda el agua de escorrentía generada en los techos de los cuales están adjuntos. Se recrea un hidrograma con la propuesta de los parterres modificados y con los nuevos parterres a crear.



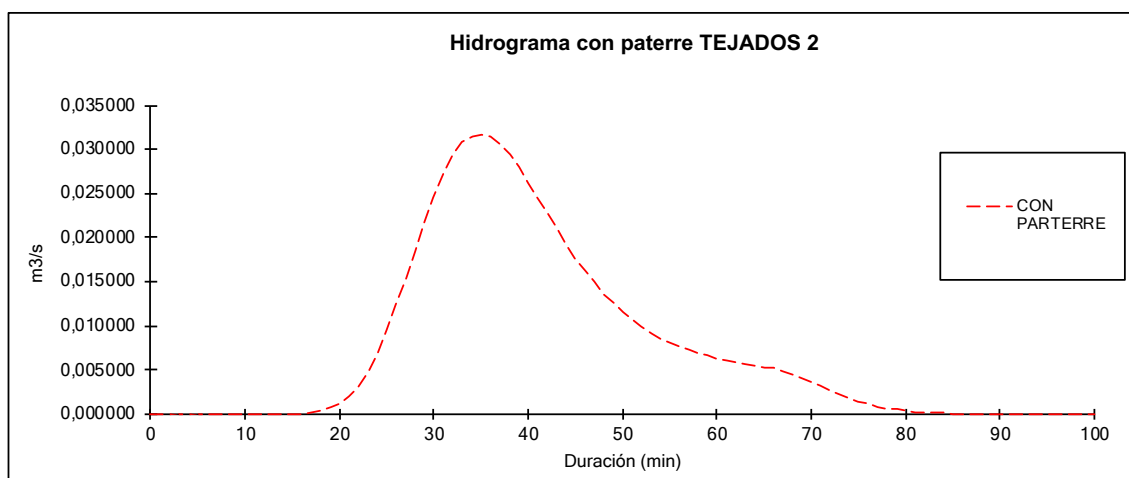
GRÁFICA 5.1 HIDROGRAMA CON LOS PARTERRES INSTALADOS TEJADOS 1

Seguidamente se hace una comparativa con el estado inicial del campus:

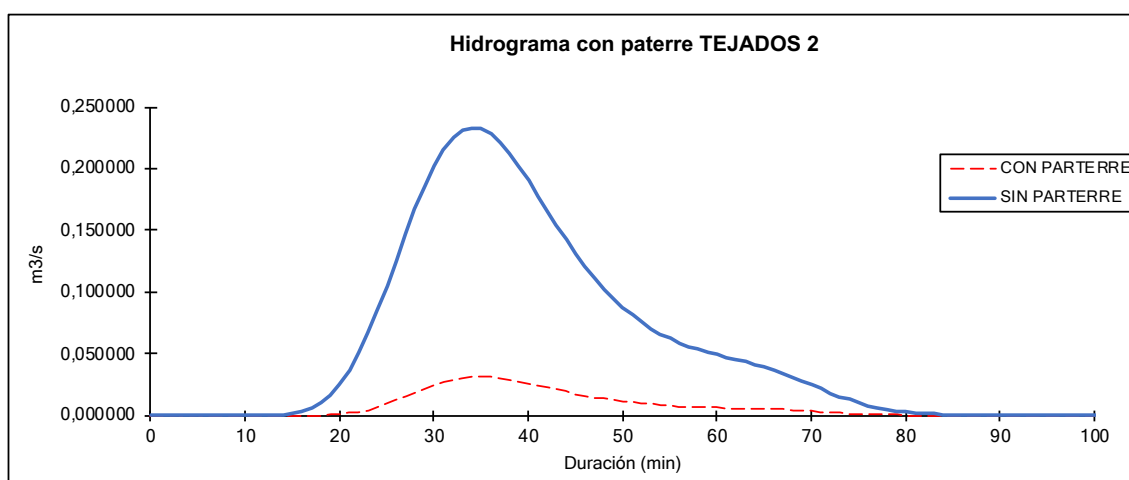


GRÁFICA 5.2 HIDROGRAMA COMPARATIVO SITUACIÓN INICAL CON LA DE PARTERRES T1

Se observa claramente la disminución de esorrentía y del caudal pico. Es tan notable la diferencia que la reducción de los volúmenes de esorrentía de un 89,78%, mientras que la reducción de el caudal punta es de el 88,81%.



GRAFICA 5.3 HIDROGRAMA CON LOS PARTERRES INSTALADOS TEJ2



GRAFICA 5.4 HIDROGRAMA COMPARATIVO SITUACIÓN INICAL CON LA DE PARTERRES T2

En este caso hay una reducción del 87,32% de esorrentía y el 86,4% del caudal punta. Estos datos son realmente relevantes ya que para una acción poco compleja se observa que reducimos una gran cantidad de esorrentía. Pero realmente esto no son resultados válidos ya que se han usados parterres con una excavación fuera de los parámetros aceptables. Es por eso que buscamos una alternativa.

La alternativa que se propone es la utilización de un sumidero o aliviadero. La idea es proponer unos niveles de excavación aceptables (aproximadamente de 20 cm) e instalar un sumidero para que en caso de desbordamiento, este drene el agua excedente aguas abajo. Se pretende instalar unos aliviaderos verticales tipo pozo o más conocidos como “Morning Glory”. Este tipo de aliviadero sirve para evacuar el exceso de agua pero también se usa para laminar posibles avenidas impidiendo que el agua no rebose en ningún momento. El funcionamiento consiste en

que el agua circula en régimen de caída libre en el tramo vertical del aliviadero hasta el codo inferior de este. Luego se inicia el tramo de descarga inferior a la red de alcantarillado existente. En la ilustración siguiente se muestra un ejemplo de lo que vendría a ser este tipo de aliviaderos.

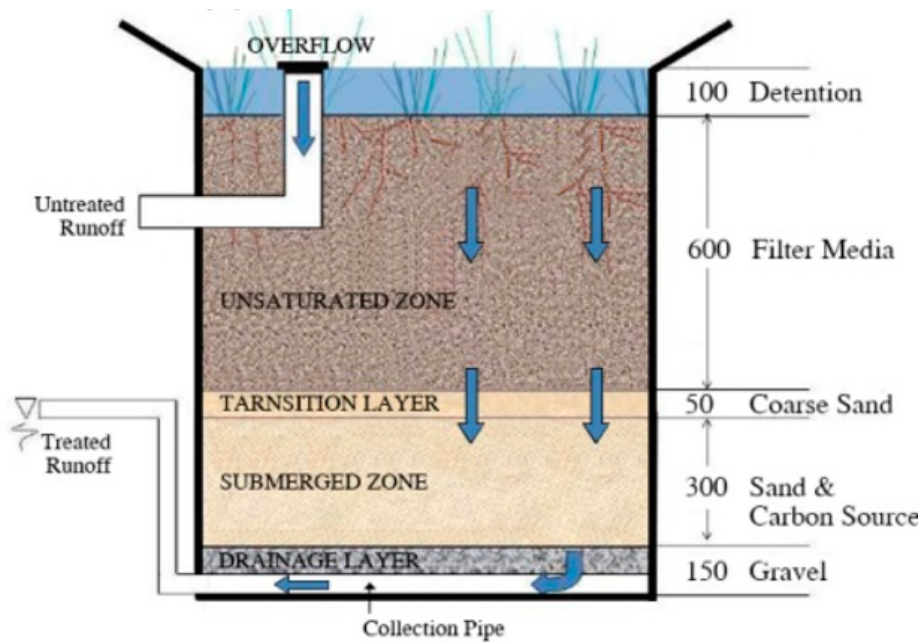


ILUSTRACIÓN 5.3 SECCIÓN EJEMPLO DE UN JARDÍN DE LLUVIA CON UN ALIVIADERO TIPO 'MORNING GLORY'

Este tipo de aliviaderos se instalarán en aquellos parterres que requieran la excavación de más de treinta centímetros por tal de almacenar todo el volumen generado en los tejados de los edificios a los que están adjuntos.

Se propone diseñar el aliviadero con un tubo de diámetro cien centímetros y instalarlo con una altura de quince centímetros de umbral dejando 5 centímetros de altura de lámina, eso suponiendo que en todos los casos se excavara hasta los veinte centímetros. Se calcula el caudal de salida de este tipo de aliviadero:

$$Q = \frac{2}{3} C_d b \sqrt{2g} h^{3/2}$$

Donde:

C_d coeficiente de desagüe

$$C_d = 0,611 + 0,075 \frac{h}{w}$$

h = altura de lamina=0,05m

w =altura umbral=0,15

b = ancho de la parte superior por tanto: $2\pi R$

$$C_d = 0,611 + 0,075 \frac{0,05}{0,15}$$

$$C_d = 0,636$$

Sustituyendo:

$$Q = \frac{2}{3} 0,636 * 2\pi R * \sqrt{2 * 9,8h^{\frac{3}{2}}} ; \quad Q = 1,87 * 2\pi(0,1) * (0,05)^{3/2}$$

$$Q = 0,013m^3/s$$

$$Q = 47,29m^3/h$$

En la tablas siguientes se muestran las subcuencas que requieren un aliviadero, es decir todo aquella subcuenca que su parterre adjunto requiera más de 20cm de excavación para ser capaz de almacenar todo el volumen de escorrentía. También se muestra el caudal capaz de expulsar cada sumidero. Además, se indica el volumen de escorrentía que se deberá expulsar. Por tanto en una columna tendrá el volumen a expulsar, mientras que en otra columna se expresa el caudal del sumidero con m^3/h . El volumen de escorrentía a expulsar de cada subcuenca es el todo volumen excedente en aquel parterre que no es capaz de almacenar más volumen que con un dimensionamiento máximo de 20cm de excavación. Por tanto, si un parterre recibe más agua de su capacidad de almacenamiento, el volumen excedente se expulsará por el sumidero. Como se ha trabajado con una lluvia de proyecto de 1hora, se deberá comprobar que todo el volumen de escorrentía a expulsar, sea inferior al caudal del sumidero. En caso que no se cumpla, significa que el sumidero tiene un mal dimensionamiento, y será incapaz de drenar toda el agua excedente. Se comprueba que todos los sumideros cumplen.

En el caso de los nuevos parterres creados para la cuenca de TEJADOS 1, no hará falta ningún aliviadero. Pero para los parterres ya existentes si que hará falta para las subcuencas: 22 y 35 Para la cuenca de los TEJADOS 2, las subcuencas 6,23,22,36,24,28,29,30 y 31 si que hará falta un aliviadero y modificar la excavación.

TABLA 5. 5 SUMIDERO TEJAROS 2

TEJADOS2 PARTERRES POR CREAR		
	Q(m3/h) CAPAZ DE DRENAR	Volumen a expulsar(m3)
sub1		
sub3		
sub5		
sub7		
sub9		
sub11		
sub13		
sub15		
sub35		
sub22	47,29105277	8,594607162
sub36	47,29105277	10,31810716

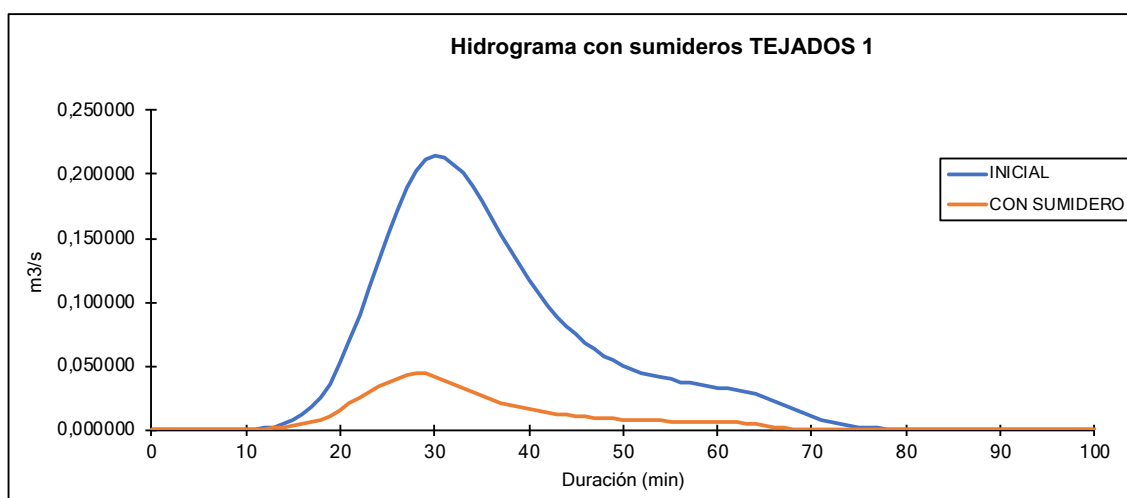
TABLA 5. 7 SUMIDEROS TEJADOS 1

tejadados1			
sub-base		Q(m3/h) CAPAZ DE DRENAR	Volumen a expulsar(m3)
sub1			
sub3			
sub5			
sub7			
sub9			
sub11			
sub13			
sub16			
sub19			
sub21			
sub24			
sub30			
sub31			
sub32		47,29105277	3,989185
sub33			
sub35		47,29105277	3,67351925

TABLA 5. 6 SUMDIEROS TEJADOS 2

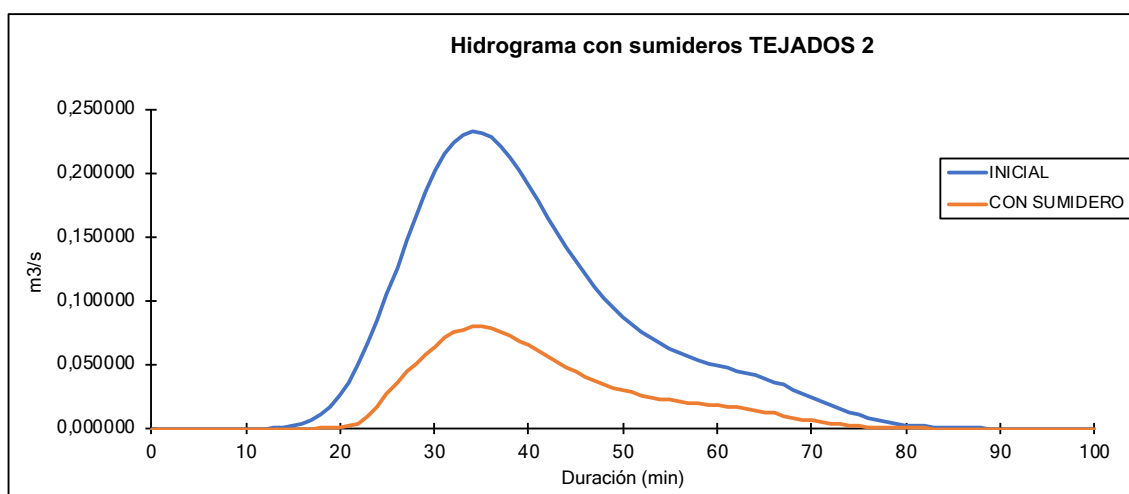
tejadados2			
sub-base		Q(m3/h) CAPAZ DE DRENAR	Volumen a expulsar(m3)
sub2			
sub4			
sub6		47,29105277	4,0982388
sub8			
sub10			
sub12			
sub14			
sub16			
sub17			
sub20			
sub32			
sub33			
sub34			
sub23		47,29105277	21,33158
sub24		47,29105277	6,36829
sub28		47,29105277	10,403
sub29		47,29105277	8,1365
sub30		47,29105277	8,1365
sub31		47,29105277	7,708985

Con en el nuevo sistema con aliviaderos, se introduce en la red unos nuevos volúmenes de escorrentía que anteriormente no había. Es por eso que con el programa HEC-HMS se calcula el nuevo hidrograma con los parterres con sumidero:



GRÁFICA 5.5 HIDROGRAMA COMPARATIVO DE INICIAL CON PARTERRES CON SUMIDERO T1

Con el nuevo sistema de sumideros en la cuenca de TEJADOS 1, la escorrentía se reduce un 81,74% y un 79,9% de caudal punta. En este caso, aun utilizando sumideros, las reducciones siguen siendo muy significativas, lo que parece indicar que la propuesta cumple con los objetivos establecidos.



GRÁFICA 5.6 HIDROGRAMA COMPARATIVO DE INICIAL CON PARTERRES CON SUMIDERO T2

En el caso de la cuenca de TEJADOS 2, los parterres con sumideros reducen un 67,93% de escorrentía y un 65,81% de caudal punta.

Hasta aquí se ha visto la reducción de volúmenes de escorrentía y caudales punta en los tejados de los edificios del campus. Se ha aplicado un sistema de biorretención para ello. Las reducciones son notables y con un simple SUDS se podría decir que el objetivo de reducir los volúmenes de escorrentía se consiguen satisfactoriamente. No obstante, no se ha propuesto ninguna acción para las aguas que reciben los suelos del campus. Es por eso que a continuación se mostrará una propuesta de aplicación de SUDS para los suelos del campus en caso de que en un futuro se quisiera hacer una hipotética reforma de los suelos de el suelo para reducir más aun los volúmenes de escorrentía. Es decir, con el desvío de bajantes hacía los parterres se consiguen unas reducciones muy buenas, pero en caso de que se quiera aumentar más las reducciones se presenta la siguiente propuesta:

5.2 Propuesta de pavimentos permeables

Como ya se ha explicado antes, los pavimentos permeables son pavimentos que dejan pasar el agua a su través. Permiten que el agua se infiltre por el terreno o sea captada y retenida en capas subsuperficiales para su posterior reutilización o evacuación. Si el firme se compone de varias capas, todas ellas han de tener permeabilidades crecientes desde la superficie hacia el subsuelo.

Se ha elegido este sistema para las superficies de el suelo, ya que es el mejor sistema aplicable puesto que los suelos del campus no dejan mucho espacio rodeados de los edificios con los que forma el Campus Nord. Es el mejor sistema disponible por su adaptabilidad al entorno y por que es capaz de aguantar el tráfico peatonal.

Su inconveniente es que es un sistema complejo de instalar además de económicamente más caro. No obstante se analizará una hipotética instalación futura y sus efectos hidrológicos en el campo.

Para empezar, se desconoce el Numero de Curva de un pavimento permeable. De echo se desconocen muchas variables de los pavimentos ya que se deben hacer ensayos en el laboratorio. Aun así, al hacer una simulación se escogerá un Numero de Curva aproximado. Se elige un CN de 85. Menor que el CN anterior por ser más permeable.

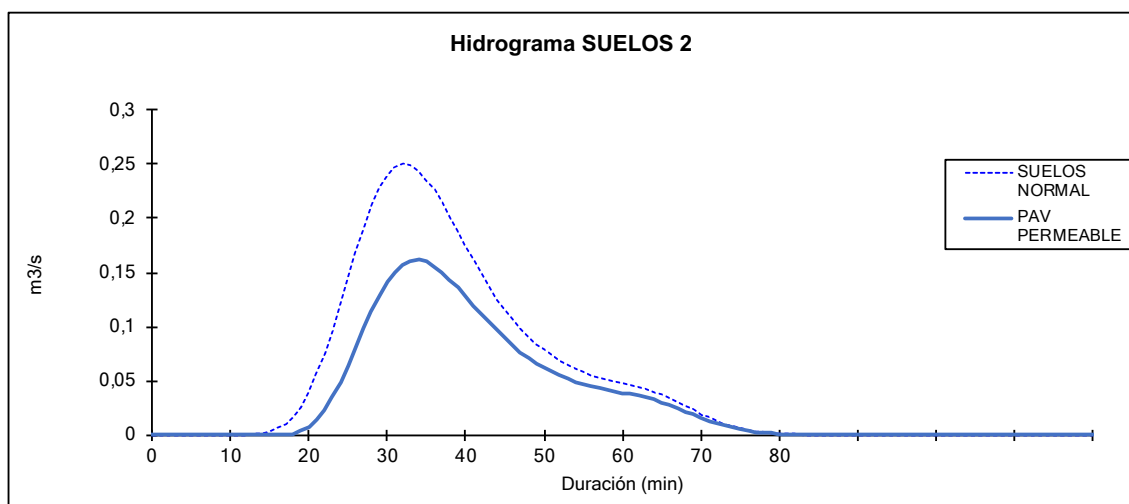
Seguidamente se calculará la abstracción inicial del pavimento. Para ello primero se debe encontrar primero la S , que se define como el almacenamiento máximo potencial después de las abstracciones iniciales en mm.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = \frac{25400}{85} - 254 = 44,82$$

$$Ia = 0,2S = 8,9mm$$

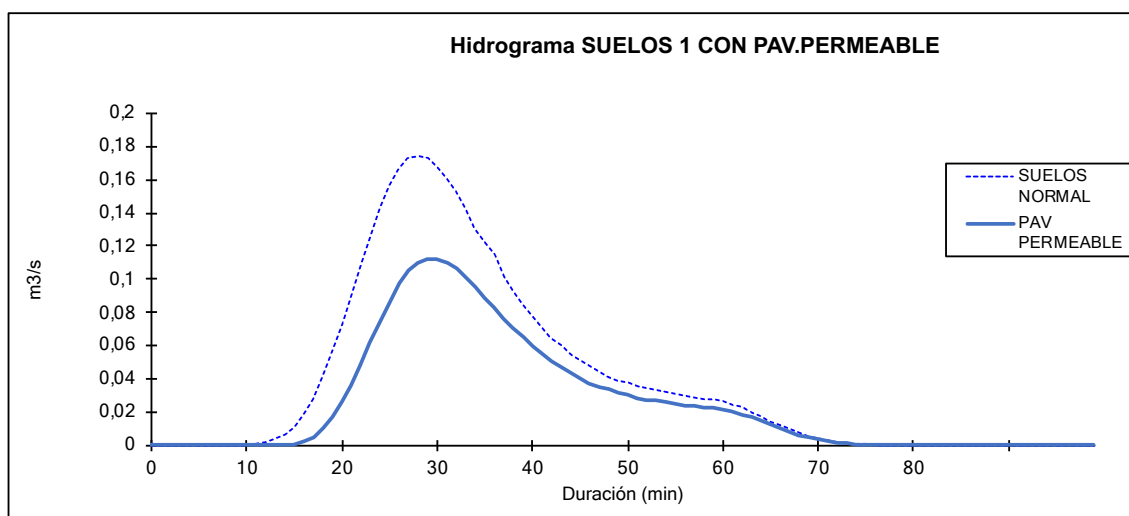
Por tanto, la abstracción inicial en el suelo es de 8,9mm. Una vez calculado estos parámetros, se introducen en el programa HEC-HMS en las cuencas SUELOS.

Los hidrogramas obtenidos con el programa son los siguientes.



GRÁFICA 5.7 HIDROGRAMA COMPARATIVO SUELOS INICAL CON PAV. PERMEABLE S2

En esta gráfica se observa la reducción de caudales de la cuenca SUELOS 2. Con los nuevos suelos permeables se reduce un 34,1% del agua de escorrentía que se genera en esa cuenca.



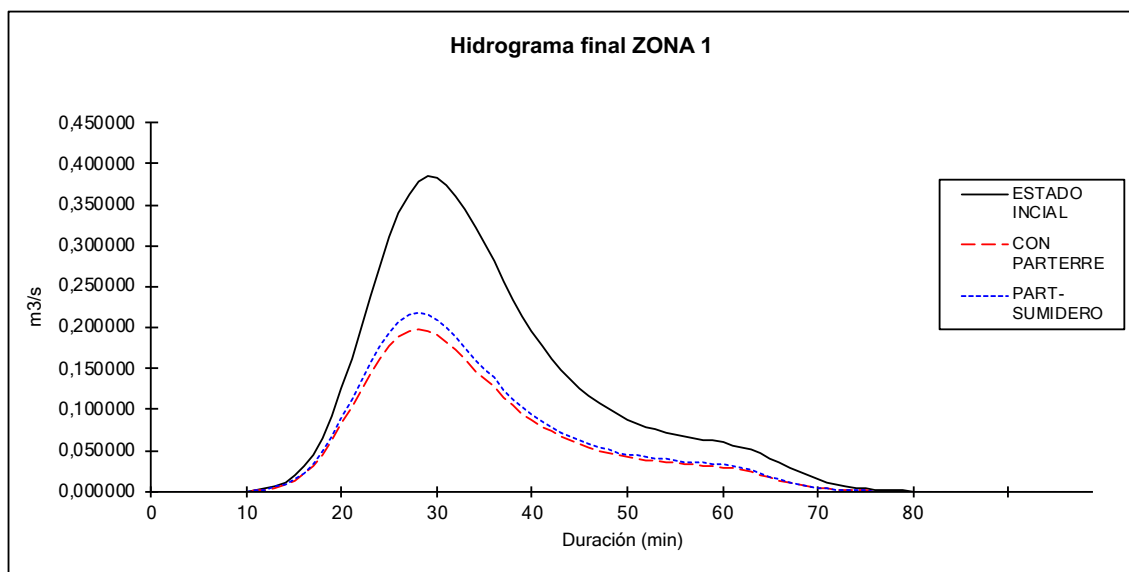
GRÁFICA 5.8 HIDROGRAMA COMPARATIVO SUELOS INICAL CON PAV. PERMEABLE S1

Para la cuenca SUELOS 1, la escorrentía sigue el comportamiento de los SUELOS 1. En este caso la reducción de volumen de escorrentía es de el 34,3%

6 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este apartado, se expondrán los resultados obtenidos en este proyecto y las conclusiones obtenidas.

Primero de todo se mirará como afecta la aplicación de la primera propuesta que es la reforma de los parterres adjuntos a los edificios y la construcción de nuevos parterres en aquellos edificios donde no disponen de parterres. Se mirará como afecta en los dos salientes del campus. En el saliente de la izquierda del campus, es decir en la zona donde se juntan las cuencas TEJADOS 1 y SUELOS 1, se le llamará ZONA 1. El resultado de la aplicación primeramente de parterres, y luego seguidamente de parterres con sumideros es la siguiente:



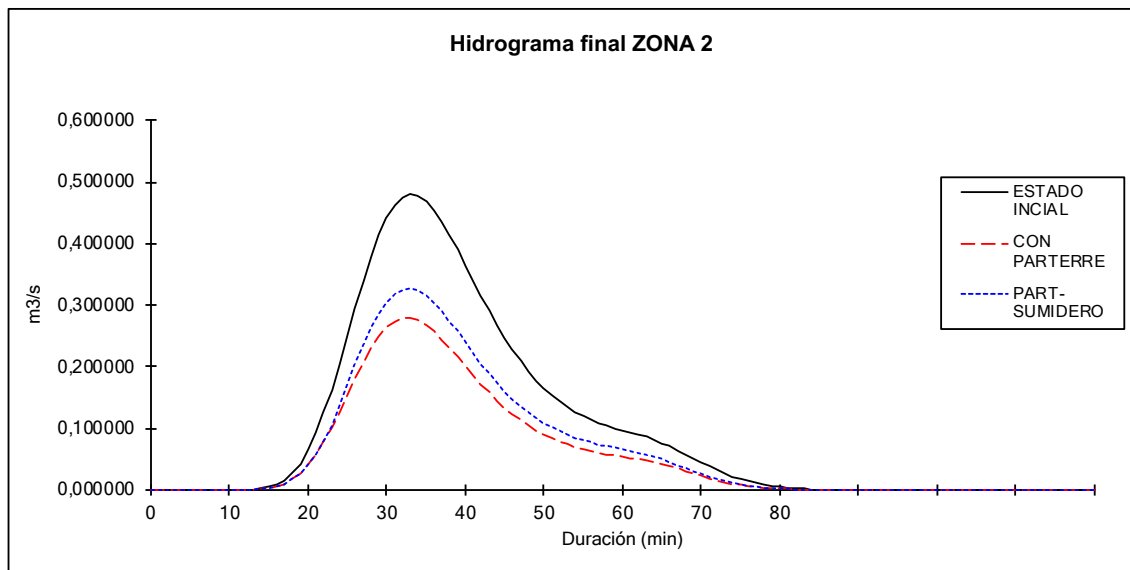
GRÁFICA 6. 1HIDROGRAMA FINAL ZONA 1

Se observa en el hidrograma final de la zona 1, se reducen los volúmenes a prácticamente la mitad. Se ha calculado que para el caso de los parterres, se consigue una reducción del 49,68% de volúmenes de escorrentía, y un 48,4% de caudal punta. Por otro lado, en el caso de los parterres con sumideros, la reducción es algo menor pero sin ser muy significativa la diferencia. La reducción de volumen de escorrentía para el caso de los sumideros es del 45% y de un 42,9% de reducción de el caudal punta.

La diferencia de reducciones entre los parterres y parterres con sumideros es muy pequeña, por tanto la propuesta más razonable es la utilización de parterres con sumideros ya que establece los parámetros adecuados de excavación.

Seguidamente, se expondrán los resultados para el otro saliente del campus. El saliente de la derecha se trata de ese saliente que capta las aguas de las cuencas SUELOS 2 Y TEJADOS 2. Es la superficie de la derecha del campus.

Los resultados son los siguientes:



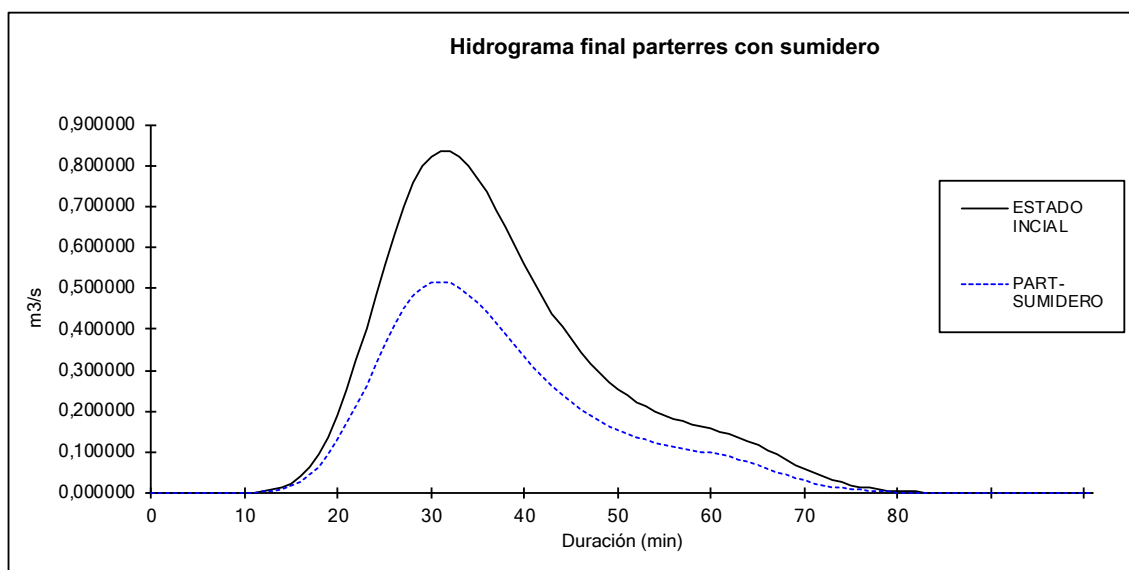
GRÁFICA 6. 2HIDROGRAMA FINAL 2

En este hidrograma, se observa que es parecido al hidrograma final de la zona 1. La única diferencia observable a simple vista, es que hay más diferencia en cuanto a reducción de caudal punta entre el hidrograma de parterres con el hidrograma de sumideros.

Comprobando los porcentajes de reducción calculados, se comprueba que la reducción de volumen de escorrentía de el estado con parterres es de el 43,1% y de reducción de caudal punta de un 41,6%. Para el caso de los parterres con sumidero la reducción de volumen de escorrentía es de el 33,4%, mientras que la reducción de caudal punta es de 31,8%. Efectivamente en este caso las reducciones son menores y la diferencia entre parterres y sumideros es mayor. Esto significa que se debe excavar más profundo en esta zona para que sea capaz de almacenar toda el agua recibida. Igualmente, una reducción de un 1/3 del total es un dato considerable. Por tanto, en este caso se mantendrá como principal la propuesta de el parterre con sumidero.

Para finalizar con la propuesta de parterres, se calcula el total de el campus. Se suman los caudales de los dos salientes y se crea un hidrograma total.

El resultado es el siguiente:

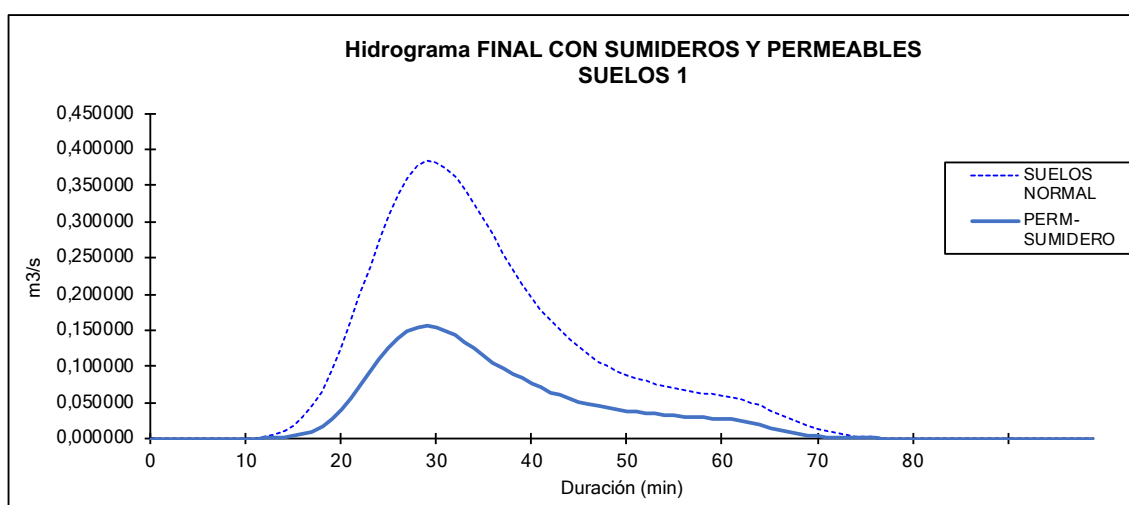


GRÁFICA 6.3 HIDROGRAMA FINAL CON SUMIDEROS

Los valores finales obtenidos aplicando una técnica de bioretención en los parterres adjuntos a los edificios del campus, con un sumidero para que drene el agua cuando el nivel de almacenamiento llegue a los 15 cm, son los siguientes. La reducción total de volumen de escorrentía es del 37,3%. La reducción total del caudal punta que se consigue es del 38,1%.

Seguidamente, se adjuntarán los resultados obtenidos de la segunda hipotética actuación que se le haría al campus. Esta propuesta es una opción futura, aun así, se valorarán los resultados obtenidos.

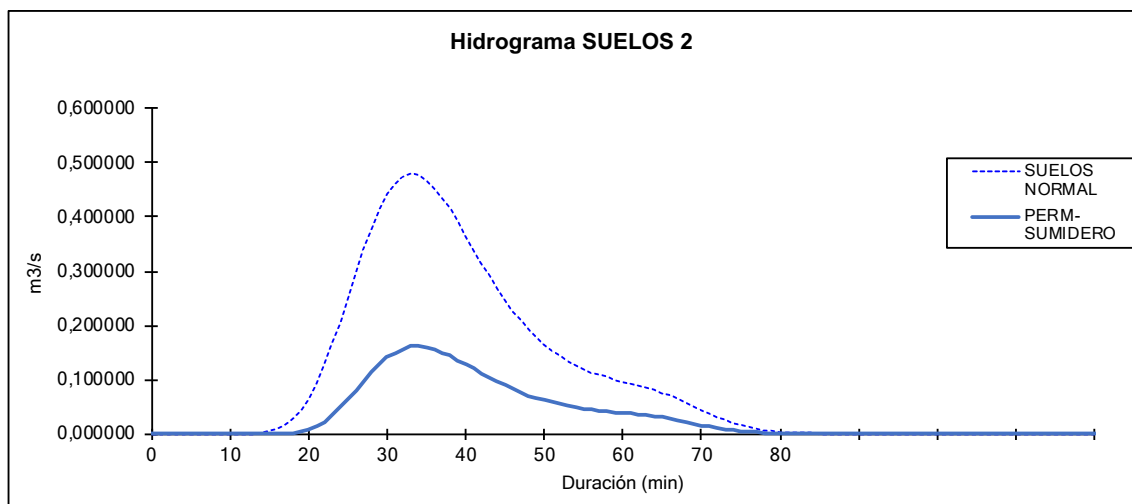
En primer lugar se hará una comparativa del estado actual del campus, es decir sin ninguna aplicación de técnicas de drenaje urbano sostenible, con una futura instalación de suelos permeables y parterres con sumideros.



GRÁFICA 6.4 HIDROGRAMA FINAL SUMIDEROS Y PERMEABLES

Para la cuenca SUELOS 1, se han hecho los cálculos con los datos de lluvia que cae en la cuenca SUELOS 1, y el agua que los parterres drenan, por tanto en este caso tendremos lluvia de escorrentía que se genera en los suelos, y lluvia de escorrentía sobrante de los tejados. Los resultados indican que con la aplicación de pavimentos permeables y parterres con sumideros se reduce un 60,5% volumen y un 59,4% de caudal punta.

Para los SUELOS 2, los resultados son los siguientes:

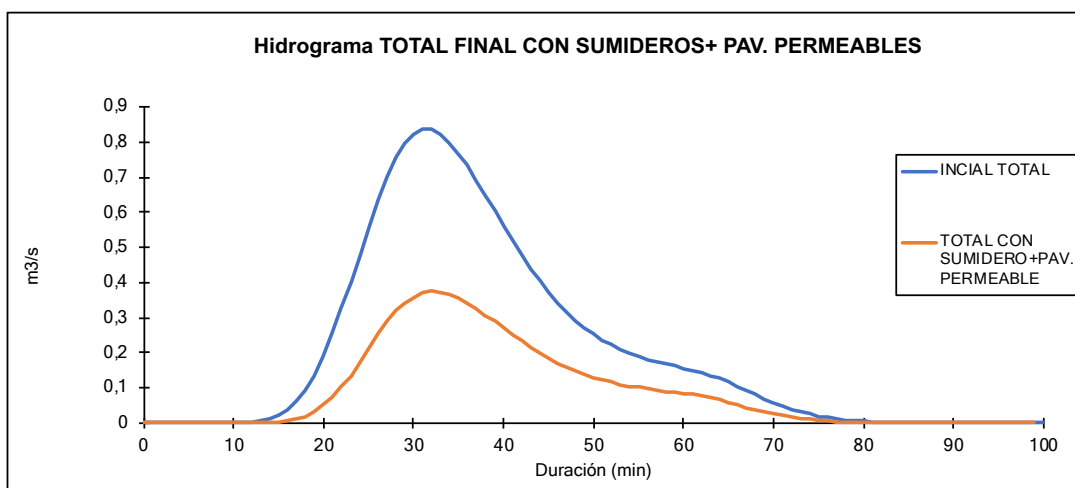


GRÁFICA 6. 5 HIDROGRAMA SUELOS 2 SUMIDERO+PERMEABLES

En el caso de los suelos 2, la reducción es menos que en el caso de los SUELOS 1. En este caso se reduce 50,4% del volumen de escorrentía con sumideros y un pavimento permeables. También se reduce un 49,7%.

Para terminar, se hace un calculo total de las reducciones obtenidas para todo el campus en general. Se calcula que porcentaje de volumen de escorrentía se reduce aplicando pavimentos permeables y sistemas de biorretención en todo el campus.

El hidrograma final es el siguiente:



GRÁFICA 6. 6 HIDROGRAMA FINAL

Los resultados finales obtenidos son los siguientes. La reducción final en cuanto a volúmenes de escorrentía es de 54,9%. También el caudal punta se reduce un 55,1%.

Resumidamente los resultados se muestran en la tabla siguiente.

	RESULTADO TOTAL DEL CAMPUS		
	TOTAL	CON SUMIDERO	CON PAVIMENTO PERMEABLE+SUMIDERO
Volumen de escorrentía(mm)	33,671	20,73	15,186
Caudal punta(m³/s)	0,83552	0,02396	0,37479
Reducción escorrentía (%)		37,27	54,84
Reducción caudal punta (%)		38,17	55,1

TABLA6. 1 RESUMEN RESULTADOS

Finalmente, las conclusiones obtenidas en este proyecto es que aplicando sistemas de drenaje urbano sostenible podemos obtener grandes resultados. Con una pequeña y simple intervención que se basa simplemente en escavar en el suelo un máximo de 20cm, podemos reducir más de un tercio de toda la escorrentía generada en el campus. El campus es una área muy pequeña comparada con toda la ciudad de Barcelona, pero si los resultados obtenidos en el campus se aplicarán a la gran mayoría de edificios existentes en la ciudad, significaría que podríamos reducir una gran cantidad de escorrentía. Eso provocaría por ejemplo que se redujera en gran parte toda la contaminación que llega a las playas de Barcelona después de un temporal de lluvias de alta intensidad. También significaría que se reduciría la contaminación ambiental de la ciudad por lo tanto mejorando el bienestar de la ciudad. Se reduciría el riesgo de inundaciones, también se reduciría el efecto de calor, se crearían nuevos entornos naturales de valor paisajístico, mejoraría la calidad estética urbana, enriquecería la biodiversidad. En conclusión se obtendrían unas ventajas considerables. Además la aplicación de SUDS en el entorno urbano, debería de tomarse muy en cuenta para combatir el cambio climático, y ya se ha demostrado en este proyecto de que son capaces estas técnicas para combatir los problemas mencionados con el agua en una ciudad tan importante como la de Barcelona.

Simplemente con la aplicación de parterres ya se obtendrían unos valores muy notables de reducciones. Pero si en un futuro se quisieran obtener unas mayores reducciones, la aplicación de pavimentos permeables es una buena opción para reducir hasta la mitad de toda la escorrentía que se genera en el campus, y el campus debe ser un reflejo para la ciudad de Barcelona.



Aplicación al Campus Nord de técnicas de reducción de escorrentía (SUDs)

VOLUMEN II

Trabajo realizado por:

Marc Crespo Bort

Dirigido por:

MANUEL GOMEZ VALENTIN

EDUARDO MARTÍNEZ GOMARIZ

Grado en:

Ingeniería Civil

Barcelona, **data**

Departamento de Ingeniería Civil i Ambiental

TRABAJO FINAL DE GRADO

LISTA DE CONTENIDOS

VOLUMEN II

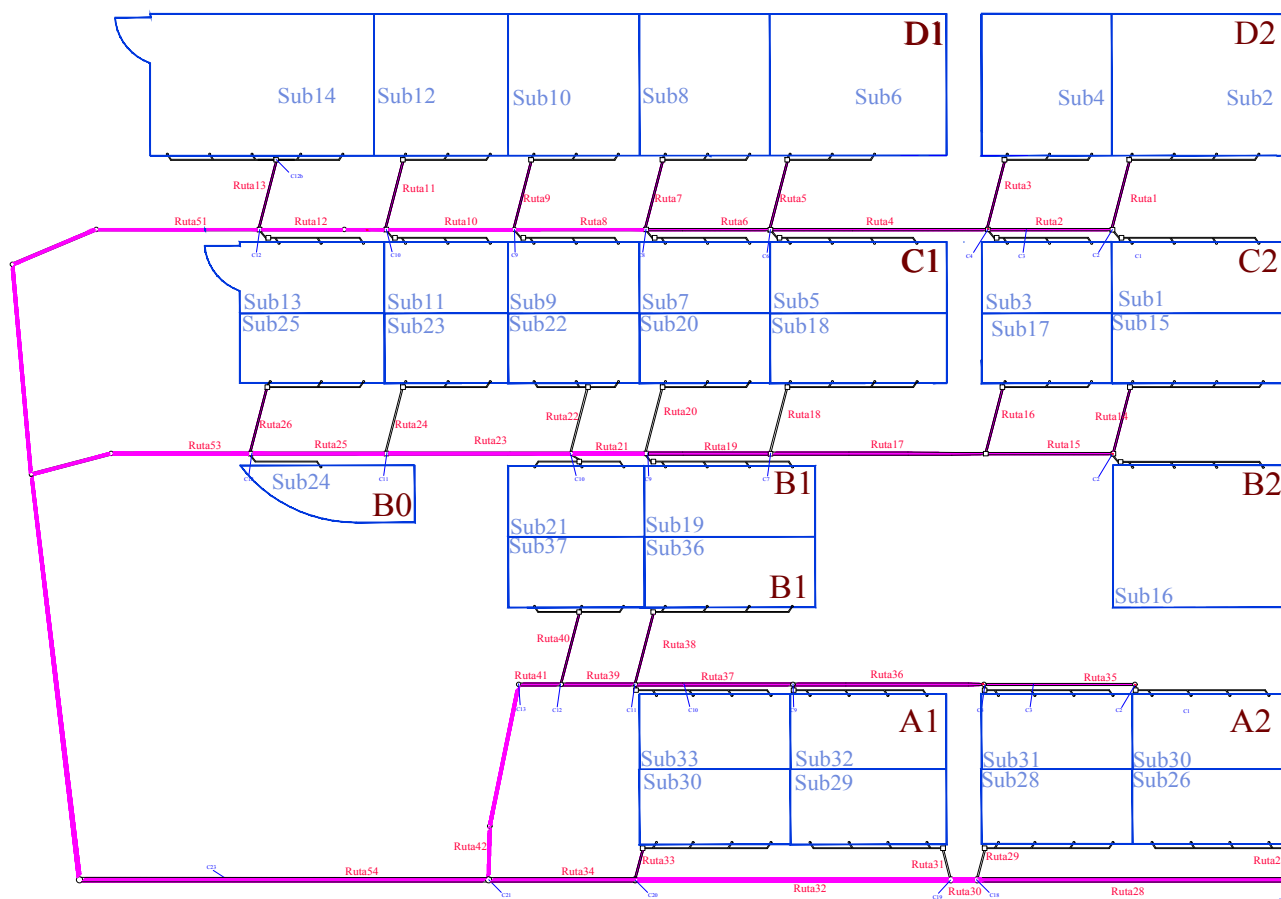
1. ANEXO PLANOS

1.1 Plano tejados 1.....	1
1.2 Plano tejados 2.....	2
1.3 Plano suelos 1.....	3
1.4 Plano suelos 2.....	4

2. ANEXO SUBCUENCAS

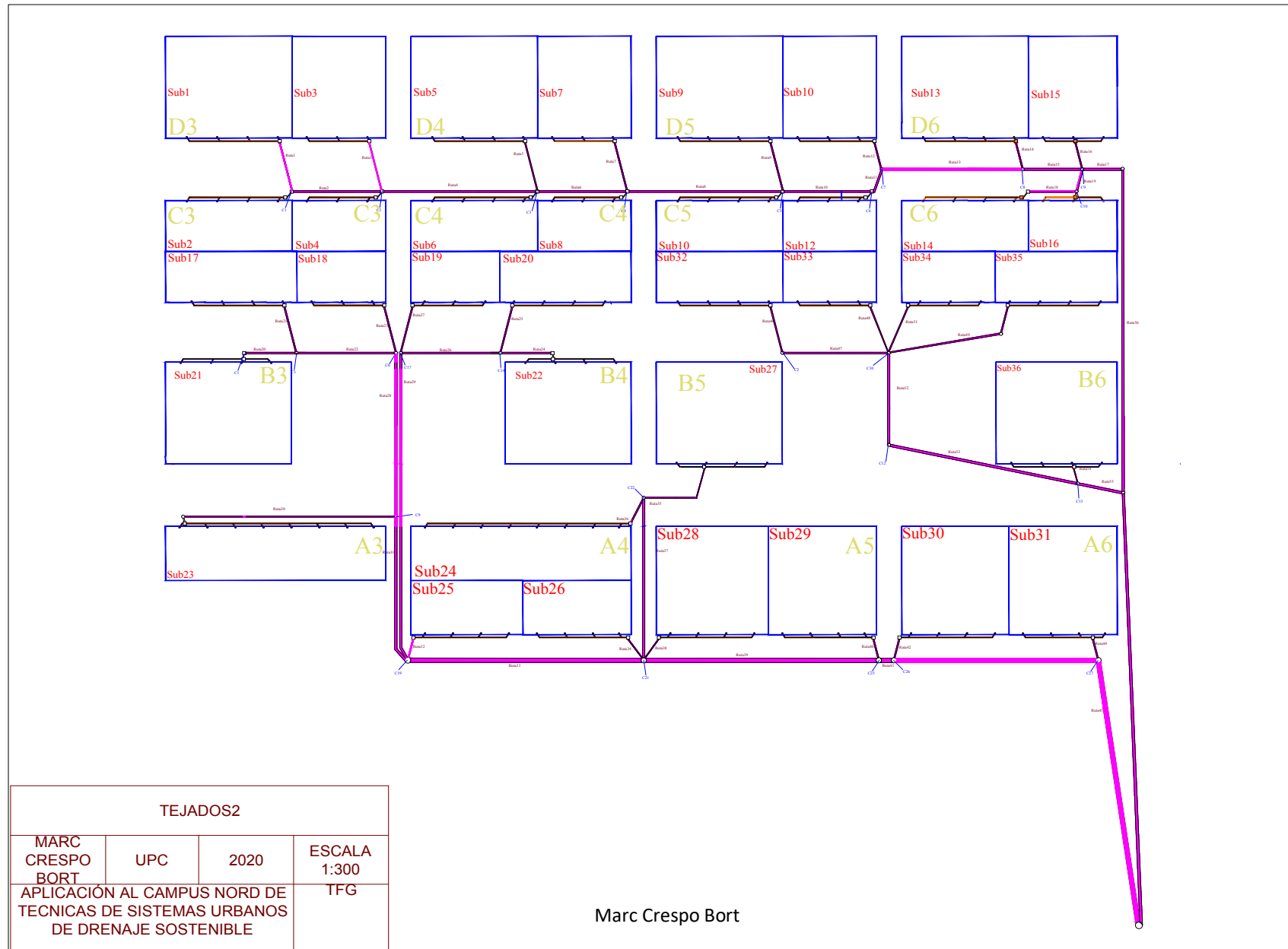
2.1 Tejados 1.....	6
2.2 Tejados 2.....	10
2.3 Suelos 2.....	14
2.4 Suelos 1.....	18

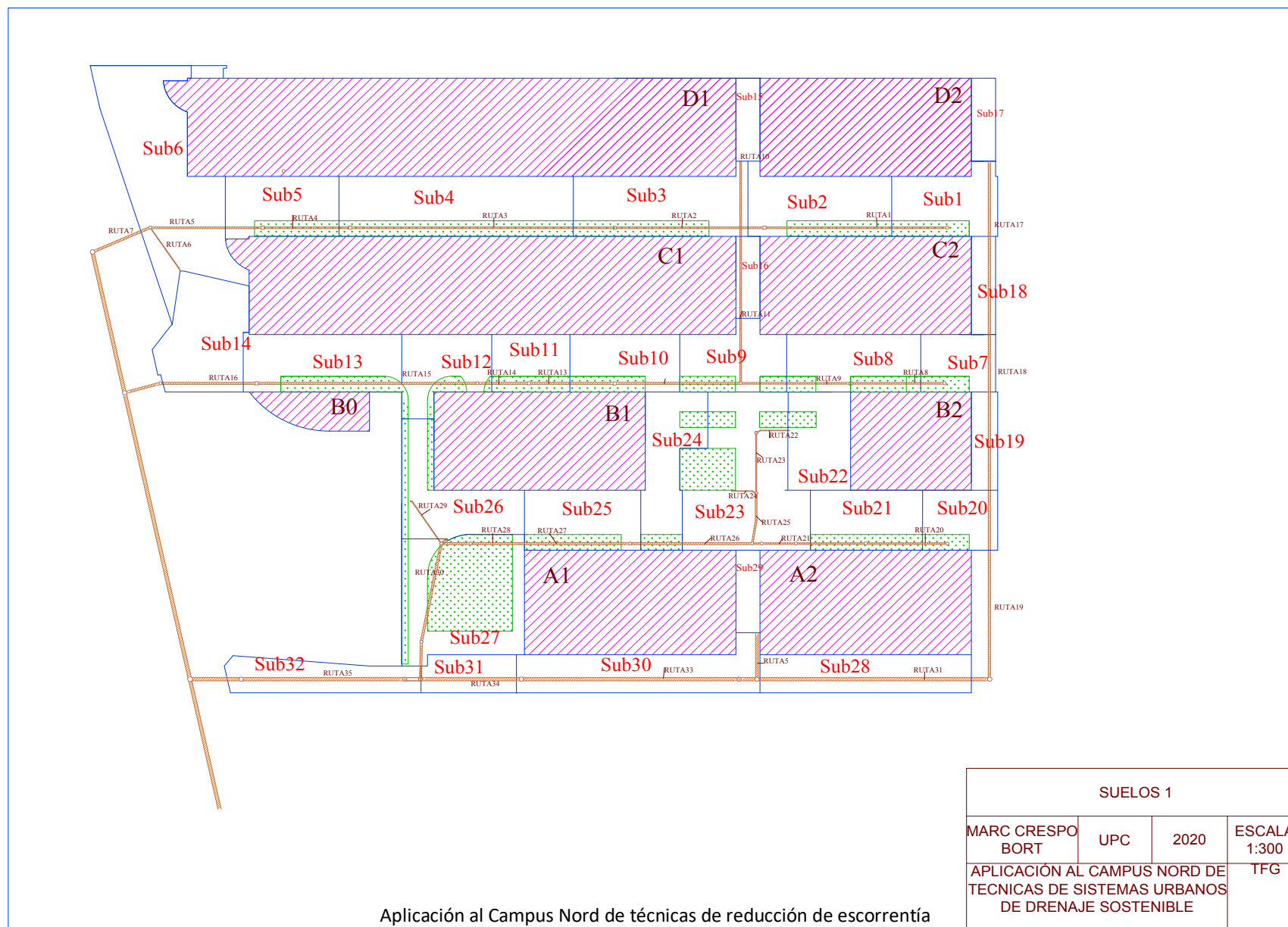
1. ANEXO PLANOS

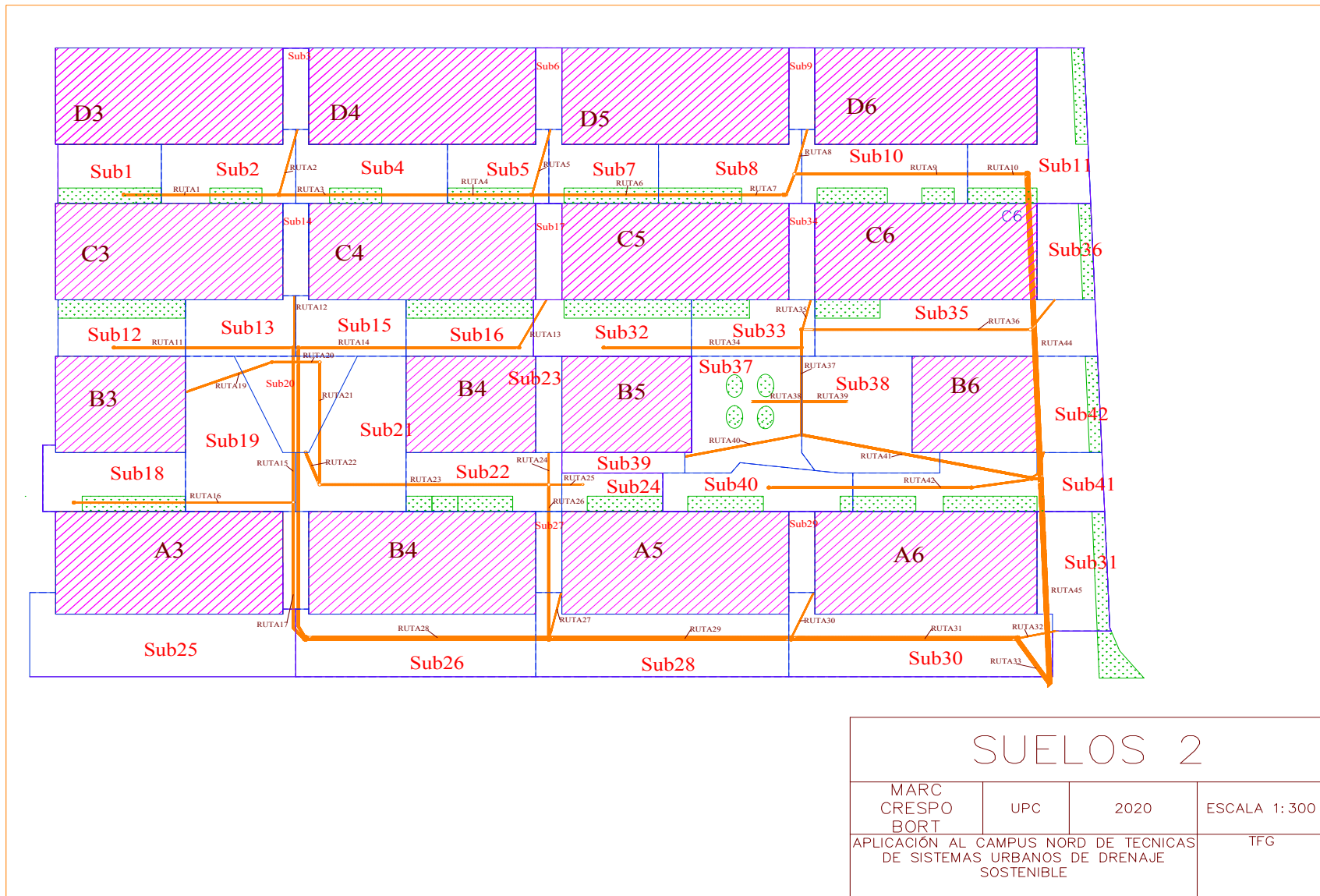


Aplicación al Campus Nord de técnicas de reducción de escorrentía

TEJADOS 1			
MARC CRESPO BORT	UPC	2020	ESCALA 1:300
APLICACIÓN AL CAMPUS NORD DE TÉCNICAS DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE			TFG







2. ANEXO SUBCUENCAS

TEJADOS1										
		Areas								
SUB2				Subcuenca n°	3	Area =	426,72	m2	Tiag	K
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,8	0,0050	0,02	
				Banda de flujo superf. #2						
				Colector secundario			9,22	0,005	0,016	
		426,72		Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398
RUTA1				Colector			8,97	0,01	0,016	0,42020654
SUB1				Subcuenca n°	4	Area =	214,86	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,8	0,0050	0,02	0,24955816
				Banda de flujo superf. #2						0,00713023
				Colector Secundario			9,31	0,005	0,016	0,49310341
		214,86		Canal Principal			18,04	0,01	0,016	0,71462847
RUTA2				Colector		4,95	15,95	0,01	0,016	0,01859391
SUB4				Subcuenca n°	6	Area =	314,16	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0050	0,02	0,22366866
				Banda de flujo superf. #2						0,00639053
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639
		314,16		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734
RUTA3				Colector			8,97	0,01	0,016	0,42020654
SUB3				Subcuenca n°	7	Area =	158,58	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0050	0,02	0,22366866
				Banda de flujo superf. #2						0,00639053
				Colector Secundario			9,31	0,005	0,016	0,49310341
		158,58		Canal Principal			12,59	0,01	0,016	0,54370097
RUTA4				Colector		10,81	27,9	0,01	0,016	0,99540483
SUB6				Subcuenca n°	10a	Area =	425,64	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	9,22	0,005	0,02	0,48947639
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	2,71	0,005	0,02	0,19301582
		425,64		Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639
SUB5				Subcuenca n°	11	Area =	214,86	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,8	0,0050	0,02	0,24955816
				Banda de flujo superf. #2						0,00713023
				Colector Secundario			9,31	0,005	0,016	0,49310341
		214,86		Canal Principal			17,77	0,01	0,016	0,70648508
RUTA5				Colector			9,5	0,01	0,016	0,43894539
RUTA6				Colector		4,95	15,95	0,043	0,016	0,49326428
SUB8				Subcuenca n°	13	Area =	314,16	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0050	0,02	0,22366866
				Banda de flujo superf. #2						0,00639053
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639
		314,16		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734
RUTA7				Colector			8,93	0,01	0,016	0,41878166
SUB7				Subcuenca n°	14	Area =	158,58	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0050	0,02	0,22366866
				Banda de flujo superf. #2						0,00639053
				Colector Secundario			9,31	0,005	0,016	0,49310341
		158,58		Canal Principal			12,59	0,01	0,016	0,54370097
RUTA8				Colector			16,86	0,043	0,016	0,51450938
SUB10				Subcuenca n°	16	Area =	316,78	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0025	0,02	0,25515309
				Banda de flujo superf. #2						0,00729009
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639
		316,78		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734
RUTA9				Colector			8,96	0,01	0,016	0,41985046
SUB9				Subcuenca n°	17	Area =	159,91	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0050	0,02	0,22366866
				Banda de flujo superf. #2						0,00639053
				Colector Secundario			9,31	0,005	0,016	0,49310341
		159,91		Canal Principal			12,59	0,01	0,016	0,54370097
RUTA10				Colector		16,45	33,31	0,043	0,016	0,86325333
SUB12				Subcuenca n°	19	Area =	322,92	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento						
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	4,02	0,0025	0,02	0,29712812
				Banda de flujo superf. #2						0,00848937
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639
		322,92		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734

RUTA11				Colector			8,97	0,01	0,016	0,42020654	0,0120059
SUB11					Subcuenca n°	20	Area =	150,5	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,31	0,005	0,016	0,49310341	0,01408867
		150,5		Canal Principal			12,59	0,01	0,016	0,54370097	0,01553431
RUTA12				Colector		10,88	16,24	0,043	0,016	0,50006553	0,01428759
SUB14					Subcuenca n°	21b	Area =	303,84	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		303,84		Canal Principal			13,22	0,01	0,016	0,56425635	0,01612161
RUTA13				Colector			8,97	0,01	0,016	0,42020654	0,0120059
SUB13					Subcuenca n°	22	Area =	189,09	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,31	0,005	0,016	0,49310341	0,01408867
		189,09		Canal Principal			12,59	0,01	0,016	0,54370097	0,01553431
RUTA51				Colector			32,21	0,043	0,016	0,84150072	0,02404288
SUB15					Subcuenca n°	3	Area =	211,26	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,26	0,0050	0,02	0,22211691	0,0063462
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector secundario			9,07	0,005	0,016	0,4834124	0,01381178
		211,26		Canal Principal			16,87	0,01	0,016	0,67912233	0,0194035
RUTA14				Colector			8,51	0,01	0,016	0,40372628	0,01153504
SUB16					Subcuenca n°	4	Area =	423,01	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,24	0,0050	0,02	0,22108051	0,00631659
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			18,61	0,005	0,016	0,83472514	0,02384929
		423,01		Canal Principal			18,13	0,01	0,016	0,71733642	0,02049533
RUTA15				Colector			16,36	0,025	0,016	0,55745171	0,01592719
SUB17					Subcuenca n°	6	Area =	155,57	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3	0,0050	0,02	0,20852033	0,00595772
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,07	0,005	0,016	0,4834124	0,01381178
		155,57		Canal Principal			10,66	0,01	0,016	0,47911087	0,01368888
RUTA16				Colector			8,51	0,01	0,016	0,40372628	0,01153504
RUTA17				Colector		17,91	27,6	0,025	0,016	0,82951234	0,02370035
SUB18					Subcuenca n°	10	Area =	210,78	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,8	0,0050	0,02	0,24955816	0,00713023
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			8,95	0,005	0,016	0,47854387	0,01367268
		210,78		Canal Principal			15,87	0,01	0,016	0,64830447	0,01852298
RUTA18				Colector			8,51	0,01	0,016	0,40372628	0,01153504
RUTA19				Colector		4,98	15,98	0,025	0,016	0,54758343	0,01564524
SUB20					Subcuenca n°	12	Area =	155,57	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0050	0,02	0,22366866	0,00639053
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,07	0,005	0,016	0,4834124	0,01381178
		155,57		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734	0,01347364
RUTA20				Colector			8,51	0,01	0,016	0,40372628	0,01153504
SUB19					Subcuenca n°	13	Area =	205,71	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,91	0,0050	0,02	0,20374873	0,00582139
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,25	0,005	0,016	0,49068634	0,01401961
		205,71		Canal Principal			17,01	0,01	0,016	0,68340134	0,01952575

RUTA21				Colector			9,45	0,025	0,016	0,36733315	0,01049523
SUB22				Subcuenca n°	16	Area =	156,87	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,29	0,0050	0,02	0,22366866	0,00639053
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,07	0,005	0,016	0,4834124	0,01381178
		156,87		Canal Principal			9,89	0,01	0,016	0,45257414	0,01293069
RUTA22				Colector			8,51	0,01	0,016	0,40372628	0,01153504
SUB21				Subcuenca n°	17	Area =	164,2	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,38	0,0050	0,02	0,2283037	0,00652296
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,25	0,005	0,016	0,49068634	0,01401961
		164,2		Canal Principal			10,53	0,01	0,016	0,4746638	0,01356182
RUTA23				Colector			23,75	0,025	0,016	0,74000779	0,02114308
SUB23				Subcuenca n°	18	Area =	147,64	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,07	0,005	0,016	0,4834124	0,01381178
		147,64		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734	0,01347364
RUTA24				Colector			8,51	0,01	0,016	0,40372628	0,01153504
RUTA25				Colector			17,39	0,025	0,016	1,1234993	0,03209998
SUB25				Subcuenca n°	20	Area =	147,64	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,86	0,0050	0,02	0,25254722	0,00721563
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,07	0,005	0,016	0,4834124	0,01381178
		147,64		Canal Principal			11,58	0,01	0,016	0,51022185	0,01457777
RUTA26				Colector			8,51	0,01	0,016	0,40372628	0,01153504
SUB24				Subcuenca n°	21	Area =	111,99	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	12	0,0050	0,02	0,59801764	0,01708622
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			8,65	0,005	0,016	0,4663033	0,01332295
		111,99		Canal Principal			7,89	0,01	0,016	0,38117032	0,01089058
RUTA53				Colector			17,86	0,025	0,016	0,83908842	0,02397395
SUB30				Subcuenca n°	3	Area =	200	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		200		Canal Principal			16,34	0,01	0,016	0,66284519	0,01893843
RUTA35				Colector			6,39	0,01	0,016	0,75491783	0,02156908
SUB31				Subcuenca n°	5	Area =	193,5	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		193,5		Canal Principal			15,7	0,01	0,016	0,64301971	0,01837199
SUB32				Subcuenca n°	10	Area =	200	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		200		Canal Principal			16,34	0,01	0,016	0,66284519	0,01893843
RUTA37				Colector			6,3	0,03	0,016	1,15491979	0,03299771
SUB33				Subcuenca n°	12	Area =	193,5	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		193,5		Canal Principal			16,57	0,01	0,016	0,66992418	0,01914069
SUB34				Subcuenca n°	13	Area =	205,71	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,91	0,0050	0,02	0,20374873	0,00582139
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,25	0,005	0,016	0,49068634	0,01401961
		205,71		Canal Principal			17,09	0,01	0,016	0,68584269	0,01959551

RUTA38				Colector			9,46	0,01	0,016	0,43754005	0,01250114
RUTA39				Colector			9,5	0,03	0,016	0,35625211	0,01017863
SUB35					Subcuenca nº	14	Area =	164,2	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	3,38	0,0050	0,02	0,2283037	0,00652296
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,25	0,005	0,016	0,49068634	0,01401961
		164,2		Canal Principal			10,53	0,01	0,016	0,4746638	0,01356182
RUTA40				Colector			9,46	0,01	0,016	0,43754005	0,01250114
RUTA41				Colector			4,99	0,03	0,016	0,21839562	0,00623987
RUTA42				Colector		6,75	25,99	0,82	0,016	0,40828995	0,01166543
RUTA28				Colector			40,47	0,01	0,016	1,32057109	0,0377306
SUB26					Subcuenca nº	22	Area =	200	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		200		Canal Principal			16,34	0,01	0,016	0,66284519	0,01893843
RUTA27				Colector			3,66	0,01	0,016	0,21261122	0,00607461
SUB27					Subcuenca nº	24	Area =	193,5	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		193,5		Canal Principal			15,56	0,01	0,016	0,63865724	0,01824735
RUTA29				Colector			3,64	0,01	0,016	0,21172766	0,00604936
RUTA30				Colector			3,39	0,03	0,016	0,16279433	0,00465127
SUB28					Subcuenca nº	26	Area =	200	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		200		Canal Principal			16,34	0,01	0,016	0,66284519	0,01893843
RUTA31				Colector			3,66	0,01	0,016	0,21261122	0,00607461
SUB29					Subcuenca nº	28	Area =	193,5	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
		193,5		Canal Principal			15,56	0,01	0,016	0,63865724	0,01824735
RUTA33				Colector			3,64	0,01	0,016	0,21172766	0,00604936
RUTA34				Colector			19,04	0,03	0,016	0,60427467	0,01726499
RUTA54				Colector			32,87	0,03	0,016	0,91507204	0,02614492

TEJADOS2											
		Areas									
SUB1				Subcuenca n°	2	Area =	432,52	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		432,52		Canal Principal			15,86	0,03	0,016	0,52591787	0,01502622
RUTA1				Colector			8,97	0,03	0,016	0,34104349	0,0097441
SUB2				Subcuenca n°	3	Area =	212,82	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		212,82		Canal Principal			16,86	0,01	0,016	0,67881636	0,01939475
RUTA2				Colector			5,12	0,03	0,016	0,53245749	0,01521307
SUB3				Subcuenca n°	5	Area =	319,22	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		319,22		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734	0,01347364
RUTA3				Colector			8,93	0,01	0,016	0,41878166	0,01196519
SUB4				Subcuenca n°	6	Area =	157,08	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016		
		157,08		Canal Principal			11,6	0,01	0,016	0,51089143	0,0145969
RUTA4				Colector			10,81	0,03	0,016	0,80413583	0,02297531
SUB5				Subcuenca n°	9	Area =	432,52	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		432,52		Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
RUTA5				Colector			8,97	0,01	0,016	0,42020654	0,0120059
SUB6				Subcuenca n°	10	Area =	212,82	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		212,82		Canal Principal			16,86	0,01	0,016	0,67881636	0,01939475
RUTA6				Colector			2,16	0,03	0,016	0,53245749	0,01521307
SUB7				Subcuenca n°	12	Area =	319,22	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		319,22		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734	0,01347364
RUTA7				Colector			8,93	0,01	0,016	0,41878166	0,01196519
SUB8				Subcuenca n°	13	Area =	157,08	m2			
				% del area Total	Pérdidas						
				de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		157,08		Canal Principal			11,6	0,01	0,016	0,51089143	0,0145969

RUTA8				Colector		13,17	27,73	0,03	0,016	0,80413583	0,02297531
SUB9				Subcuenca n°	16		Area =	432,52	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		432,52		Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
RUTA9				Colector			8,97	0,01	0,016	0,42020654	0,0120059
SUB10				Subcuenca n°	17		Area =	212,82	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		212,82		Canal Principal			16,86	0,01	0,016	0,67881636	0,01939475
RUTA10				Colector		2,41	15,95	0,03	0,016	0,52818448	0,01509099
SUB12				Subcuenca n°	20		Area =	159,61	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		159,61		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734	0,01347364
RUTA11				Colector			3,93	0,03	0,016	0,1821486	0,00520425
SUB11				Subcuenca n°	19		Area =	314,16	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		314,16		Canal Principal			11,6	0,01	0,016	0,51089143	0,0145969
RUTA12				Colector			4,86	0,01	0,016	0,26374493	0,00753557
RUTA13				Colector			25,12	0,03	0,016	0,74593749	0,0213125
SUB13				Subcuenca n°	22		Area =	432,52	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		432,52		Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
RUTA14				Colector			4,77	0,01	0,016	0,26002465	0,00742928
RUTA15				Colector			10,64	0,03	0,016	0,38829621	0,01109418
SUB15				Subcuenca n°	23		Area =	157,08	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		157,08		Canal Principal			11,6	0,01	0,016	0,51089143	0,0145969
RUTA16				Colector			4,78	0,01	0,016	0,26043884	0,00744111
SUB14				Subcuenca n°	25		Area =	212,82	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
		212,82		Canal Principal			16,86	0,01	0,016	0,67881636	0,01939475
RUTA34				Colector		1,4	8,6	0,03	0,016	0,3302983	0,00943709
SUB16				Subcuenca n°	27		Area =	159,61	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,37	0,005	0,016	0,49551675	0,01415762
		159,61		Canal Principal			10,44	0,01	0,016	0,47157734	0,01347364
RUTA19				Colector			3,67	0,03	0,016	0,17291542	0,00494044
RUTA17				Colector			4,7	0,03	0,016	0,20868051	0,0059623
SUB21				Subcuenca n°	2		Area =	422,99	m2		
				% del area Total	Pérdidas						
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			18,48	0,005	0,016	0,83028988	0,02372257
		422,99		Canal Principal			15,15	0,01	0,016	0,62582679	0,01788077

RUTA20				Colector		1,84	9,31	0,01	0,016	0,43225727	0,01235021
SUB17					Subcuenca n°	4	Area =	220,82	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			220,82	Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
RUTA21				Colector		1,38	17,23	0,01	0,016	0,40011562	0,01143187
RUTA21				Colector		1,38	17,23	0,01	0,016	0,69010847	0,01971738
SUB18					Subcuenca n°	7	Area =	149,08	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			149,08	Canal Principal			12,27	0,01	0,016	0,53316596	0,01523331
RUTA23				Colector		8,44	24,29	0,01	0,016	0,89591222	0,02559749
RUTA28				Colector			30,16	0,01	0,016	1,05610808	0,03017452
SUB23		50	0,005		Subcuenca n°	10	Area =	587	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
			587	Canal Principal			33	0,01	0,016	1,13086599	0,03231046
RUTA30				Colector		26,59	36,98	0,15	0,016	0,73711977	0,02106056
RUTA31				Colector		24,17	25,61	0,01	0,016	0,93267821	0,02864795
SUB22					Subcuenca n°	15	Area =	423,01	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			18,48	0,005	0,016	0,83028988	0,02372257
			423,01	Canal Principal			15,15	0,01	0,016	0,62582679	0,01788077
RUTA24				Colector		1,81	9,28	0,01	0,016	0,43119827	0,01231995
SUB20					Subcuenca n°	17	Area =	220,82	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			220,82	Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
RUTA25				Colector		8,41	15,88	0,01	0,016	0,64861491	0,01853185
RUTA32				Colector		1,38	17,21	0,01	0,016	0,68949959	0,01969999
SUB19					Subcuenca n°	20	Area =	149,09	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			149,09	Canal Principal			12,27	0,01	0,016	0,53316596	0,01523331
RUTA27				Colector			8,42	0,01	0,016	0,40047715	0,0114422
RUTA29				Colector		23,13	55,83	0,01	0,016	1,68639749	0,04818279
SUB25					Subcuenca n°	22	Area =	200	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
			200	Canal Principal			16,31	0,01	0,016	0,66192009	0,018912
SUB24					Subcuenca n°	24	Area =	193,5	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
			193,5	Canal Principal			16,31	0,01	0,016	0,66192009	0,018912
RUTA34				Colector			3,54	0,01	0,016	0,20729223	0,00592264
RUTA39				Colector			1,9	0,01	0,016	0,12917941	0,00369084
SUB26					Subcuenca n°	26	Area =	393,5	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
			393,5	Canal Principal			35,99	0,01	0,016	1,20792162	0,03451205
RUTA36				Colector			4,74	0,5	0,016	0,12306308	0,00351609
SUB27					Subcuenca n°	29	Area =	423,01	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			18,61	0,005	0,016	0,83472514	0,02384929
			423,01	Canal Principal			15,15	0,01	0,016	0,62582679	0,01788077

RUTA35				Colector		5,42	14	0,01	0,016	0,58938334	0,01683952
RUTA36				Colector			29,3	0,08	0,016	0,69594167	0,01988405
SUB28					Subcuenca n°	32	Area =	400	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,51	0,0050	0,02	0,18209091	0,0052026
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			19,76	0,005	0,016	0,87364365	0,02496125
			400	Canal Principal			16,31	0,01	0,016	0,66192009	0,018912
RUTA38				Colector			3,52	0,01	0,016	0,20640156	0,00589719
SUB29					Subcuenca n°	34	Area =	387	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,51	0,0050	0,02	0,18209091	0,0052026
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			19,76	0,005	0,016	0,87364365	0,02496125
			387	Canal Principal			15,56	0,01	0,016	0,63865724	0,01824735
RUTA40				Colector			3,51	0,01	0,016	0,20595577	0,00588445
RUTA41				Colector			2,72	0,01	0,016	0,16967307	0,0048478
SUB30					Subcuenca n°	36	Area =	383,06	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			19,76	0,005	0,016	0,87364365	0,02496125
			383,06	Canal Principal			16,31	0,01	0,016	0,66192009	0,018912
RUTA42				Colector			3,52	0,01	0,016	0,20640156	0,00589719
SUB31					Subcuenca n°	38	Area =	386,96	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			19,76	0,005	0,016	0,87364365	0,02496125
			386,96	Canal Principal			13,8	0,01	0,016	0,58297329	0,01665638
RUTA44				Colector			3,61	0,01	0,016	0,21040014	0,00601143
RUTA45				Colector			48,65	0,06	0,016	1,08062441	0,03087498
RUTA33				Colector			40,26	0,01	0,016	1,31535995	0,03758171
RUTA39				Colector			41,98	0,01		1,35785314	0,0387958
RUTA39				Colector			40,26	0,01	0,016	1,31535995	0,03758171
RUTA43				Colector			40,26	0,01	0,016	1,31535995	0,03758171
RUTA33				Colector			40,26	0,01	0,016	1,31535995	0,03758171
SUB32					Subcuenca n°	4	Area =	212,83	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			212,83	Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
RUTA46				Colector			8,47	0,01	0,016	0,40228324	0,01149381
SUB33					Subcuenca n°	7	Area =	157,08	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			157,08	Canal Principal			11,6	0,01	0,016	0,51089143	0,0145969
RUTA47				Colector		8,44	8,44	0,01	0,016	0,40119989	0,01146285
RUTA48				Colector		0,67	18,45	0,02	0,016	0,63723862	0,01820682
SUB35					Subcuenca n°	10	Area =	204,84	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			204,84	Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
RUTA49				Colector			4,79	0,01	0,016	0,26085282	0,00745294
SUB34					Subcuenca n°	12	Area =	157,08	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
			157,088	Canal Principal			11,6	0,01	0,016	0,51089143	0,0145969
RUTA51				Colector			4,77	0,01	0,016	0,26002465	0,00742928
RUTA50				Colector		1,65	19,5	0,02	0,016	0,66461655	0,01898904
RUTA52				Colector		6,48	16,97	0,01	0,016	0,68217963	0,01949085
RUTA53				Colector			33,98	0,01	0,016	1,15629944	0,03303713
SUB36					Subcuenca n°	18	Area =	407,02	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,75	0,0050	0,02	0,19517721	0,00557649
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			18,61	0,005	0,016	0,83472514	0,02384929
			407,02	Canal Principal			15,15	0,01	0,016	0,62582679	0,01788077
RUTA54				Colector			2,59	0,01	0,016	0,16347388	0,00467068
RUTA55				Colector			6,31	0,01	0,016	0,32163467	0,00918956

Aplicación al Campus Nord de técnicas de reducción de escorrentía

SUELOS2											
Areas											
		AREA PARTERRE	AREA TOTAL		Subcuenca n°	1	Area =	205,85	m2	Tiag	K
SUB1					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	8,5	0,01	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3	0,01	0,05	0,18279011	0,00522257
	205,85	53,7	152,15	Canal Principal			17,9	0,001	0,016	1,10029427	0,03143698
SUB2					Subcuenca n°	2	Area =	274,47	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	8,5	0,0100	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3	0,0100	0,05	0,18279011	0,00522257
	274,47	26,34	248,13	Canal Principal		23,3	35,58	0,001	0,016	1,85462909	0,0529894
RUTA1				Colector		5,12	16,12	0,03	0,016	0,53245749	0,01521307
SUB3					Subcuenca n°	3	Area =	71,19	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,82	0,0100	0,016	0,64675154	0,01847862
				Banda de flujo superf. #2							
	71,19		71,19	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA2				Colector			12,78	0,01	0,016	0,54992568	0,01571216
SUB4					Subcuenca n°	4	Area =	308,84	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	8,5	0,0100	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3	0,0100	0,025	0,18279011	0,00522257
	308,84	27	281,84	Canal Principal			26,29	0,001	0,016	1,47360605	0,04210303
RUTA3				Colector			27,73	0,03	0,016	0,80413583	0,02297531
SUB5					Subcuenca n°	5	Area =	208,49	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	8,5	0,0100	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3	0,0100	0,038	0,18279011	0,00522257
	208,49	44,73	163,76	Canal Principal			17,56	0,006	0,016	0,77149025	0,02204258
RUTA4				Colector			16,12	0,03	0,016	0,53245749	0,01521307
SUB6					Subcuenca n°	6	Area =	71,55	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,9	0,0850	0,016	0,43232741	0,01235221
				Banda de flujo superf. #2							
	71,55		71,55	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA5				Colector			14,56	0,03	0,016	0,49282208	0,01408063
SUB7					Subcuenca n°	7	Area =	256,32	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	87,87	5	8,5	0,0100	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	12,13	5	3	0,01	0,05	0,18279011	0,00522257
	256,32	49,08	207,24	Canal Principal			19,02	0,01	0,016	0,7439445	0,02125556
RUTA6				Colector			27,73	0,03	0,016	0,80413583	0,02297531
SUB8					Subcuenca n°	8	Area =	292,08	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	91,29	5	9,26	0,0133	0,016	0,40778673	0,01165105
				Banda de flujo superf. #2	8,71	5	3	0,0200	0,016	0,16023486	0,00457814
							16,35	0,0130	0,05	0,86670962	0,01802589
	292,08	43,17	248,91	Canal Principal			8,48	0,013	0,016	0,38306472	0,01094471
RUTA7				Colector			19,88	0,03	0,016	0,62443029	0,01784087
SUB9					Subcuenca n°	9	Area =	71,55	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,9	0,0850	0,016	0,43232741	0,01235221
				Banda de flujo superf. #2							
	71,55		71,55	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA8				Colector			8,63	0,01	0,016	0,40804565	0,01165845
RUTA9				Colector			25,12	0,03	0,016	0,74593749	0,0213125
RUTA10				Colector			16,74	0,03	0,016	0,54795091	0,01565574
RUTA30				Colector			4,78	0,01	0,016	0,26043884	0,00744111
SUB10					Subcuenca n°	10	Area =	336,55	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	86,94	5	8,5	0,0100	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	13,06	5	3	0,0100	0,0309	0,18279011	0,00522257
	336,55	53,49	283,06	Canal Principal		14,66	28,7	0,03	0,016	0,82542526	0,02358358
SUB11					Subcuenca n°	11	Area =	402,01	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	93,10	5	8,5	0,0100	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	6,90	5	3	0,01	0,016	0,18279011	0,00522257
							8,84	0,001	0,016	1,23233118	0,01838977
	402,01	75,65	326,36	Canal Principal		9,18	21,23	0,01	0,016	0,80876537	0,02310758
SUB12					Subcuenca n°	12	Area =	272,21	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	94,54	5	7,64	0,0100	0,032	0,37195594	0,01062731
				Banda de flujo superf. #2	5,46	5	3,36	0,0100	0,016	0,19923168	0,00569233
	272,21	65,79	206,42	Canal Principal			24,75	0,001	0,016	1,40753014	0,04021515
SUB13					Subcuenca n°	13	Area =	211,86	m2		
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	91,47	5	7,97	0,0100	0,016	0,38410404	0,0109744
				Banda de flujo superf. #2	8,53	5	3,36	0,01	0,016	0,19923168	0,00569233
	211,86		211,86	Canal Principal			19,1	0,001	0,016	1,15591502	0,03302614

RUTA11				Colector		1,38	17,23	0,01	0,016	0,69010847	0,01971738
SUB14					Subcuenca n°	14	Area =	81,05	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	18,01	0,0880	0,016	0,47214921	0,01348998
				Banda de flujo superf. #2							
	81,05		81,05	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA12				Colector			9,83	0,01	0,016	0,45048592	0,01287103
RUTA15				Colector			30,16	0,01	0,016	1,05610808	0,03017452
RUTA16				Colector			36,98	0,15	0,016	0,73711977	0,02106056
SUB18					Subcuenca n°	18	Area =	287,51	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	90,23	5	9,15	0,5000	0,016	0,20286928	0,00579627
				Banda de flujo superf. #2	9,77						
	287,51	53,58	233,93	Canal Principal			41,5	0,018	0,016	1,20380274	0,03439436
SUB19					Subcuenca n°	19	Area =	457,23	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	23,94	0,0100	0,016	0,88608401	0,02531669
				Banda de flujo superf. #2							
	457,23		457,23	Canal Principal			19,1	0,01	0,016	0,74632142	0,02132347
RUTA19				Colector			15,92	0,5	0,016	0,30903878	0,00882968
RUTA17				Colector			25,61	0,01	0,016	0,93267821	0,02664795
SUB17					Subcuenca n°	17	Area =	84,18	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	18,71	0,0855	0,016	0,48870082	0,01396288
				Banda de flujo superf. #2							
	84,18		84,18	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA24				Colector			7,47	0,01	0,016	0,36564885	0,01044711
SUB16					Subcuenca n°	16	Area =	243,11	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	7,64	0,001	0,016	0,57609155	0,01645976
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3,36	0,001	0,016	0,30857334	0,00881638
	243,11	66,3	176,81	Canal Principal			26,56	0,001	0,016	1,48509379	0,04243125
RUTA20							8,28	0,001	0,016	1,82523984	0,01749748
RUTA21				Colector			23,9	0,5	0,016	0,42084159	0,01202405
RUTA22				Colector			6,76	0,01	0,016	0,33892222	0,00968349
SUB20					Subcuenca n°	17	Area =	220,82	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,71	0,0050	0,02	0,19301582	0,00551474
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,22	0,005	0,016	0,48947639	0,01398504
	220,82		220,82	Canal Principal			15,86	0,01	0,016	0,64799398	0,01851411
SUB15					Subcuenca n°	15	Area =	211,86	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	91,60	5	7,64	0,0100	0,016	0,37195594	0,01062731
				Banda de flujo superf. #2	8,40	5	3,36	0,01	0,016	0,19923168	0,00569233
	211,86		211,86	Canal Principal			5,29	0,001	0,016	1,15591502	0,03302614
RUTA14				Colector			26,49	0,01	0,016	0,95693588	0,02734103
RUTA18				Colector			54,34	0,01	0,016	1,65208151	0,04720233
SUB21					Subcuenca n°	21	Area =	457,23	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	23,94	0,0100	0,016	0,88608401	0,02531669
				Banda de flujo superf. #2							
	457,23		457,23	Canal Principal			19,1	0,01	0,016	0,74632142	0,02132347
SUB25					Subcuenca n°	25	Area =	509,73	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,39	0,0100	0,016	0,15378818	0,00439395
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			7,48	0,005	0,016	0,41754325	0,01192981
	509,73		509,73	Canal Principal			40,19	0,01	0,016	1,31362146	0,03753204
SUB26					Subcuenca n°	26	Area =	509,73	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,5	0,0050	0,02	0,1815393	0,00518684
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			9,76	0,005	0,016	0,51111439	0,01460327
	509,73		509,73	Canal Principal			40,19	0,01	0,016	1,31362146	0,03753204
SUB22					Subcuenca n°	20	Area =	242,99	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	20,6	0,0100	0,016	0,79045952	0,02258456
				Banda de flujo superf. #2							
	242,99	55,5	187,49	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA23				Colector			45,64	0,1	0,016	0,93420725	0,02669164
RUTA42				Colector			4,65	6,03	0,5	0,016	

SUB23					Subcuenca n°	28	Area =	84,6	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	18,8	0,0100	0,016	0,73739555	0,02106844
				Banda de flujo superf. #2							
	84,6		84,6	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA24				Colector			5,97	0,01	0,016	0,30837633	0,00881075
SUB24					Subcuenca n°	24	Area =	131,36	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	74,28	5	4,5	0,0100	0,016	0,24876087	0,00710745
				Banda de flujo superf. #2	25,72	5	3	0,01	0,05	0,18279011	0,00522257
	131,36	39,33	92,03	Canal Principal			17,51	0,001	0,016	1,08202681	0,03091505
RUTA25				Colector			17,37	0,01	0,016	0,69436594	0,01983903
RUTA26				Colector			29,3	0,08	0,016	0,69594167	0,01988405
RUTA27				Colector			8,66	0,01	0,016	0,40912324	0,01168924
RUTA28				Colector			41,99	0,01	0,016	1,35809895	0,03880283
SUB27					Subcuenca n°	27	Area =	71,1	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,51	0,0050	0,02	0,18209091	0,0052026
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			19,76	0,005	0,016	0,87364365	0,02496125
	71,1		71,1	Canal Principal			16,31	0,01	0,016	0,66192009	0,018912
RUTA29				Colector			41	0,01	0,016	1,33369426	0,03810555
SUB28					Subcuenca n°	28	Area =	553,87	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,39	0,0100	0,016	0,15378818	0,00439395
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			7,48	0,005	0,016	0,41754325	0,01192981
	553,87		553,87	Canal Principal			40,32	0,01	0,016	1,31684951	0,03762427
SUB29					Subcuenca n°	29	Area =	71,1	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,8	0,0100	0,016	0,64613004	0,01846086
				Banda de flujo superf. #2							
				Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA30				Colector			9,22	0,01	0,016	0,4290778	0,01225937
RUTA31				Colector			39,14	0,01	0,016	1,28745594	0,03678446
SUB30					Subcuenca n°	30	Area =	576,44	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,39	0,0100	0,016	0,15378818	0,00439395
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			7,48	0,005	0,016	0,41754325	0,01192981
	576,44		576,44	Canal Principal			35,88	0,01	0,016	1,20511474	0,03443185
SUB31					Subcuenca n°	31	Area =	275,19	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	27,6	0,1040	0,022	0,63269604	0,01807703
				Banda de flujo superf. #2							
				Canal Principal			10,16	0,001	0,016	0,71545079	0,02044145
RUTA32				Colector			6,06	0,01	0,016	0,31190314	0,00891152
RUTA33				Colector			48,65	0,06	0,016	1,08062441	0,03087498
SUB32					Subcuenca n°	32	Area =	300,77	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	96,61	5	8	0,0100	0,031	0,38520236	0,01100578
				Banda de flujo superf. #2	3,39	5	3	0,01	0,016	0,18279011	0,00522257
	300,77	66	234,77	Canal Principal		3,2	20,83	0,001	0,016	1,23465152	0,03527576
RUTA34				Colector		0,67	18,45	0,02	0,016	0,63723862	0,01820682
SUB36					Subcuenca n°	36	Area =	181,94	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	18,8	0,1360	0,0234	0,44908456	0,01283099
				Banda de flujo superf. #2							
				Canal Principal			10,06	0,001	0,016	0,71009265	0,02028836
RUTA36				Colector			45,34	0,02	0,016	1,26203326	0,03605809
SUB34					Subcuenca n°	34	Area =	84,6	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	18,8	0,0850	0,016	0,49103327	0,01402952
				Banda de flujo superf. #2							
				Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,38528496	0,01100814
RUTA35				Colector			5,69	0,01	0,016	0,2973212	0,00849489
SUB33					Subcuenca n°	33	Area =	235,47	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,25	0,0010	0,016	0,22750936	0,00650027
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	2,25	0,001	0,016	0,22750936	0,00650027
	235,47	30	205,47	Canal Principal			27	0,01	0,016	0,97090561	0,02774016
SUB37					Subcuenca n°	37	Area =	427,19	m2		
					% del area Total	Pérdidas					
				Elemento	de Subcuenca	(mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Banda de flujo superf. #1	72,35	5	8,84	0,0100	0,0200	0,41557008	0,01187343
				Banda de flujo superf. #2	27,65	5	12,13	0,1575	0,0180	0,31303396	0,00894383
	427,19		427,19	Canal Principal			19,1	0,01	0,016	0,74632142	0,02132347

RUTA38				Colector			8,43	0,01	0,016	0,40083857	0,01145253
SUB38					Subcuenca n°	38	Area =	448,65	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	62,06	5	8,84	0,0100	0,016	0,41557008	0,01187343
				Banda de flujo superf. #2	37,94	5	13,96	0,01	0,016	0,5881031	0,01680295
	448,65		448,65	Canal Principal			27,92	0,01	0,016	0,99594708	0,02845563
RUTA39				Colector			7,8	0,01	0,016	0,37786133	0,01079604
RUTA37				Colector			16,97	0,01	0,016	0,68217963	0,01949085
SUB39					Subcuenca n°	39	Area =	85,28	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	21,32	0,0400	0,016	0,62348703	0,01781392
				Banda de flujo superf. #2							
	85,28		85,28	Canal Principal			4	0,001	0,016	0,35229473	0,01006556
RUTA40				Colector			20,37	0,01	0,016	0,7837431	0,02239266
SUB35					Subcuenca n°	35	Area =	229,68	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	90,09	5	7,07	0,0100	0,016	0,35067056	0,01001916
				Banda de flujo superf. #2	9,91	5	9,76	0,01	0,016	0,4480458	0,01280131
	229,68	33	196,68	Canal Principal			11,31	0,001	0,016	0,7761973	0,02217707
RUTA41				Colector			40,29	0,01	0,016	1,3161048	0,03760299
SUB42					Subcuenca n°	42	Area =	204,47	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	18,8	0,1360	0,016	0,44908456	0,01283099
				Banda de flujo superf. #2							
	204,47		204,47	Canal Principal			11,25	0,001	0,016	0,77306581	0,02208759
RUTA43				Colector			5,48	0,01	0,016	0,28894406	0,00825554
SUB40					Subcuenca n°	40	Area =	265,89	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	5,01	0,0100	0,016	0,26990891	0,00771168
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3	0,016	0,016	0,16717445	0,00477641
	265,89	42,33	223,56	Canal Principal			6,57	0,06	0,016	0,23596169	0,00674176
RUTA40				Colector			39,25	0,048	0,016	0,95768538	0,02736244
SUB41					Subcuenca n°	41	Area =	371,52	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	90,59	5	8,5	0,0100	0,016	0,40336567	0,01152473
				Banda de flujo superf. #2	9,41	5	3	0,01	0,016	0,18279011	0,00522257
	371,52	81,42	290,1	Canal Principal			11,59	0,01	0,016	0,51055668	0,01458733
RUTA44				Colector			59,62	0,5	0,016	0,84301276	0,02408608
RUTA45				Colector			79,83	0,01	0,016	2,21302748	0,06322936

SUELOS1											
Areas	AREA	AREA TOTAL	Subcuenca n°	1	Area =	240,06	m2	Tlag	K		
SUB1				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	75,00	5	8,5	0,01	0,016	0,4033657	0,0115247	
			Banda de flujo superf. #2	25,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226	
	240,06	43,32	196,74	Canal Principal		19,74	0,01	0,016	0,7652518	0,0218643	
RUTA1				Colector		18,08	0,01	0,016	0,7158324	0,0204524	
SUB2				Subcuenca n°	2	Area =	314,27	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	75,00	5	8,5	0,01	0,016	0,4033657	0,0115247	
			Banda de flujo superf. #2	25,00	5	3	0,01	0,016	0,1827901	0,0052226	
	314,27	58,53	255,74	Canal Principal		26,44	0,01	0,016	0,9555628	0,0273018	
RUTA2				Colector		33,04	0,01	0,016	1,1319076	0,0323402	
SUB3				Subcuenca n°	3	Area =	381,38	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	75,00	5	8,5	0,01	0,016	0,4033657	0,0115247	
			Banda de flujo superf. #2	25,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226	
	381,38	75,78	305,6	Canal Principal		17,92	0,06	0,016	0,5058581	0,0144531	
RUTA3				Colector		26,76	0,043	0,016	0,7309219	0,0208835	
RUTA4				Colector		38,67	0,043	0,016	0,9669097	0,027626	
SUB4				Subcuenca n°	4	Area =	500,62	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	75,00	5	8,5	0,01	0,016	0,4033657	0,0115247	
			Banda de flujo superf. #2	25,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226	
	500,62	130,86	369,76	Canal Principal		21,3	0,0353	0,016	0,6380164	0,018229	
RUTA5				Colector		31,8	0,043	0,016	0,8333475	0,0238099	
RUTA6				Colector		9,64	0,01	0,016	0,4438529	0,0126815	
SUB5				Subcuenca n°	5	Area =	245,68	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	75,00	5	8,5	0,0100	0,016	0,4033657	0,0115247	
			Banda de flujo superf. #2	25,00	5	3	0,01	0,016	0,1827901	0,0052226	
	245,68	15,72	229,96	Canal Principal		21,17	0,0355	0,016	0,6343735	0,018125	
SUB6				Subcuenca n°	6	Area =	664,15	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	100,00	5	14	0,0300	0,016	0,4783489	0,0136671	
			Banda de flujo superf. #2								
	664,15		664,15	Canal Principal		50,9	0,02	0,016	1,3780036	0,0393715	
RUTA7				Colector		11,29	0,01	0,016	0,5004814	0,0142995	
RUTA8				Colector		7,07	0,025	0,016	0,2946393	0,0084183	
SUB7				Subcuenca n°	7	Area =	128,36	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	73,00	5	8	0,01	0,016	0,3852024	0,0110058	
			Banda de flujo superf. #2	27,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226	
	128,36	27,06	101,3	Canal Principal		7,07	0,01	0,016	0,3506706	0,0100192	
SUB8				Subcuenca n°	8	Area =	274,96	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	73,00	5	8	0,01	0,016	0,3852024	0,0110058	
			Banda de flujo superf. #2	27,00	5	3	0,01	0,016	0,1827901	0,0052226	
	274,96	47,37	227,59	Canal Principal		24,96	0,01	0,016	0,9146321	0,0261323	
RUTA9				Colector		30,8	0,025	0,016	0,9016344	0,025761	
RUTA10				Colector		30,1	0,0894	0,016	0,6954997	0,0198714	
RUTA11				Colector		11,89	0,0894	0,016	0,3433402	0,0098097	
RUTA12				Colector		23,53	0,025	0,016	0,7347923	0,0209941	
SUB9				Subcuenca n°	9	Area =	218,18	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	73,00	5	8	0,01	0,016	0,3852024	0,0110058	
			Banda de flujo superf. #2	27,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226	
	218,18	46,05	172,13	Canal Principal		8,75	0,09	0,016	0,2716193	0,0077606	
SUB10				Subcuenca n°	10	Area =	205,75	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	73,00	5	8	0,01	0,016	0,3852024	0,0110058	
			Banda de flujo superf. #2	27,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226	
	205,75	42,15	163,6	Canal Principal		20,45	0,09	0,016	0,5177992	0,0147943	
RUTA13				Colector		16,95	0,025	0,016	0,5726654	0,0163619	
RUTA14				Colector		9,45	0,025	0,016	0,3673331	0,0104952	
SUB11				Subcuenca n°	11	Area =	160,73	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	73,00	5	8	0,0100	0,016	0,3852024	0,0110058	
			Banda de flujo superf. #2	27,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226	
	160,73	43,32	117,41	Canal Principal		14,48	0,137	0,016	0,3677458	0,010507	
SUB12				Subcuenca n°	12	Area =	214,06	m2			
				% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad			
			Elemento								
			Banda de flujo superf. #1	100,00	5	10,23	0,0100	0,016	0,4643506	0,0132672	
			Banda de flujo superf. #2								
	214,06	29,57	184,49	Canal Principal		19,08	0,01	0,016	0,7457274	0,0213065	

RUTA15				Colector			41,14	0,025	0,016	1,1234993	0,0321
SUB13					Subcuenca n°	13	Area =	325,05	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	73,00	5	8	0,01	0,016	0,3852024	0,0110058
				Banda de flujo superf. #2	27,00	5	3	0,01	0,016	0,1827901	0,0052226
	325,05	66,12	258,93	Canal Principal			29,51	0,07	0,016	0,7177092	0,020506
RUTA16				Colector			28,01	0,244	0,016	0,5441197	0,0155463
SUB14					Subcuenca n°	14	Area =	324,77	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	72,00	5	8	0,01	0,016	0,3852024	0,0110058
				Banda de flujo superf. #2	28,00	5	3	0,01	0,016	0,1827901	0,0052226
	324,77		324,77	Canal Principal			15,44	0,013	0,016	0,6040366	0,0172582
SUB15					Subcuenca n°	15	Area =	70,2	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,6	0,0050	0,016	0,72998	0,0208566
				Banda de flujo superf. #2							
	70,2		70,2	Canal Principal			4,5	0,005	0,016	0,2837774	0,0081079
SUB16					Subcuenca n°	16	Area =	70,65	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,7	0,0010	0,016	0,9959196	0,0284548
				Banda de flujo superf. #2							
	70,65		70,65	Canal Principal			4,5	0,005	0,016	0,2837774	0,0081079
RUTA20				Colector			10,52	0,01	0,016	0,4743212	0,013552
SUB20					Subcuenca n°	20	Area =	133,7	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	75,63	5	17,5	0,0100	0,016	0,6983119	0,0199518
				Banda de flujo superf. #2	24,37	5	6	0,01	0,05	0,3095533	0,0088444
	133,7	26,19	107,51	Canal Principal			11,28	0,001	0,016	0,7746321	0,0221323
SUB21					Subcuenca n°	21	Area =	240,27	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	8,5	0,0001	0,016	0,9676068	0,0276459
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226
	240,27	62,67	177,6	Canal Principal			20,89	0,001	0,016	1,2373534	0,035353
RUTA21				Colector			29	0,01	0,016	1,0250924	0,0292884
SUB22					Subcuenca n°	22	Area =	155,25	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	14,4	0,01	0,016	0,602138	0,0172039
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	23,2	0,01	0,016	0,8651899	0,0247197
	155,25	15,81	139,44	Canal Principal			8,27	0,001	0,016	0,6118497	0,0174814
SUB23					Subcuenca n°	23	Area =	388,47	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	41,9	0,0100	0,016	1,3558861	0,0387396
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	7,3	0,01	0,05	0,3593072	0,0102659
	388,47	115,22	273,25	Canal Principal			29,51	0,001	0,016	1,6088559	0,0459673
RUTA22				Colector			10	0,2	0,016	0,2583122	0,0073803
RUTA23				Colector			11,58	0,05	0,016	0,3757983	0,0107371
RUTA24				Colector			4,35	0,2	0,016	0,1372135	0,0039204
RUTA25				Colector			9,14	0,01	0,016	0,4262454	0,0121784
RUTA26				Colector			15,7	0,03	0,016	0,5218807	0,0149109
RUTA27				Colector			20,94	0,03	0,016	0,6495757	0,0185593
SUB24					Subcuenca n°	24	Area =	265,6	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	27,3	0,0100	0,016	0,9790935	0,0279741
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	3	0,01	0,05	0,1827901	0,0052226
	265,6	38,88	226,72	Canal Principal			7,73	0,0100	0,016	0,3752813	0,0107223
SUB25					Subcuenca n°	25	Area =	249	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	17	0,0100	0,016	0,683096	0,019517
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	6	0,01	0,05	0,3095533	0,0088444
	249	54	195	Canal Principal			20,93	0,0700	0,016	0,5527854	0,0157939
RUTA28				Colector			18,8	0,03	0,016	0,598477	0,0170993
SUB26					Subcuenca n°	26	Area =	285,45	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	28,27	0,0100	0,016	1,0054215	0,0287263
				Banda de flujo superf. #2							
	285,45	30,96	254,49	Canal Principal			29,3	0,07	0,016	0,7138243	0,020395
RUTA29				Colector			9,66	0,16	0,016	0,2625067	0,0075002
SUB27					Subcuenca n°	27	Area =	526,34	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	36,1	0,0100	0,016	1,2107264	0,0345922
				Banda de flujo superf. #2	0,00	5	9,6	0,01	0,016	0,4424525	0,0126415
	526,34	264,52	261,82	Colector Secundario			24,35	0,001	0,016	1,3902079	0,0397202

RUTA30				Colector			25,8	0,82	0,016	0,4060195	0,0116006
SUB17					Subcuenca n°	17	Area =	71,55	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,6	0,1020	0,016	0,4116055	0,0117602
				Banda de flujo superf. #2							
	71,55		71,55	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,385285	0,0110081
RUTA17				Colector			33,2	0,0957	0,016	0,7396602	0,0211331
SUB18					Subcuenca n°	18	Area =	84,6	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	18,5	0,0860	0,016	0,48399	0,0138283
				Banda de flujo superf. #2							
	84,6		84,6	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,385285	0,0110081
RUTA18				Colector			28,33	0,0957	0,016	0,6556539	0,018733
SUB19					Subcuenca n°	19	Area =	78	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	17,03	0,0940	0,016	0,4468578	0,0127674
				Banda de flujo superf. #2							
	78		78	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,385285	0,0110081
RUTA19				Colector			28,77	0,0957	0,016	0,6633788	0,0189537
RUTA31				Colector			40,47	0,01	0,016	1,3205711	0,0377306
SUB28					Subcuenca n°	28	Area =	480,07	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,39	0,0100	0,016	0,1537882	0,0043939
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			7,58	0,01	0,016	0,3697338	0,0105638
	480,07		480,07	Canal Principal			40,48	0,03	0,016	1,0719889	0,0306283
SUB29					Subcuenca n°	29	Area =	71,1	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	15,5	0,1030	0,016	0,4088402	0,0116811
				Banda de flujo superf. #2							
	71,1		71,1	Canal Principal			4,5	0,001	0,016	0,385285	0,0110081
RUTA32				Colector			8,52	0,0957	0,016	0,2630882	0,0075168
RUTA33				Colector			48,97	0,03	0,016	1,2388947	0,035397
SUB30					Subcuenca n°	30	Area =	572,17	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	2,39	0,0100	0,016	0,1537882	0,0043939
				Banda de flujo superf. #2							
				Colector Secundario			7,58	0,01	0,016	0,3697338	0,0105638
	572,17		572,17	Canal Principal			40,48	0,03	0,016	1,0719889	0,0306283
RUTA34				Colector			19,04	0,03	0,016	0,6042747	0,017265
RUTA35				Colector			32,87	0,03	0,016	0,915072	0,0261449
SUB32					Subcuenca n°	32	Area =	211,77	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	5,11	0,0100	0,016	0,2739936	0,0078284
				Banda de flujo superf. #2							
	211,77		211,77	Canal Principal			35,49	0,08	0,016	0,8050707	0,023002
SUB31					Subcuenca n°	31	Area =	127,77	m2		
					% del area Total de Subcuenca	Pérdidas (mm/hr)	Longitud (m)	Pendiente	Rugosidad		
				Elemento							
				Banda de flujo superf. #1	100,00	5	7,31	0,0100	0,016	0,3596812	0,0102766
				Banda de flujo superf. #2							
	127,77		127,77	Canal Principal			17,76	0,03	0,016	0,5731445	0,0163756
RUTA36				Colector			27,63	0,03	0,016	0,801931	0,0229123
RUTA37				Colector			56,2	0,03	0,016	1,375584	0,0393024